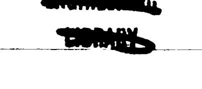
STRECKER

# JAHRBUCH DER ELEKTROTECHNIK

IV. JAHRGANG 1915



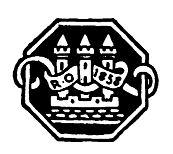
# JAHRBUCH DER ELEKTROTECHNIK

ÜBERSICHT ÜBER DIE WICHTIGEREN ERSCHEINUNGEN AUF DEM GESAMT-GEBIETE DER ELEKTROTECHNIK

UNTER MITWIRKUNG ZAHLREICHER FACHGENOSSEN HERAUSGEGEBEN VON

DR. KARL STRECKER

VIERTER JAHRGANG
DAS JAHR 1915



MÜNCHEN UND BERLIN 1916
DRUCK UND VERLAG VON R. OLDENBOURG

# Vorwort.

Das Jahrbuch der Elektrotechnik stellt sich die Aufgabe, über die wichtigeren Ergebnisse und Vorkommnisse des abgelaufenen Jahres zusammenhängend zu berichten. Das große Gebiet ist nach dem aus dem Inhaltsverzeichnis zu ersehenden Plan in zahlreiche Abschnitte zerlegt, und es ist ein zahlreicher Stab Mitarbeiter gewonnen worden, deren jeder ein mit seiner Berufstätigkeit eng zusammenhängendes Gebiet zur Bearbeitung übernommen hat.

Der vorliegende Jahrgang umfaßt die Literatur vom 1. Januar bis 31. Dezember 1915. Infolge des Krieges konnte ein Teil der ausländischen Literatur, besonders französische, englische und belgische Zeitschriften, wie z. T. schon im vorhergehenden Jahr nicht berücksichtigt werden; auch einzelne Hefte amerikanischer Zeitschriften sind ausgefallen. Dies wird in den nächsten Jahrgängen nachgeholt werden.

Die Abschnitte Elektrische Zündung und Elektrische Scheidung umfassen die Literatur mehrerer Jahre, da der eine im vorigen, der andere in den beiden letzten Jahrgängen ausgefallen sind.

Berlin, Juli 1916.

Strecker.

# Inhaltsverzeichnis.



## A. Elektromechanik.

## Verzeichnis der wichtigsten Zeitschriften.

| Abkürzung | Titel der Zeitschrift und Erscheinungsort | Im Jahre 1915 erschienene Bände | Erscheinen [1] |
|---|---|---|---|
| Ann. Phys. | Annalen der Physik (Leipzig) | R 4, Bd 46, 47, 48 | hm |
| Arch. El. | Archiv für Elektrotechnik (Berlin) | Bd 3, 4 | j 12 |
| Arch. Post Telegr. | Archiv für Post und Telegraphie (Berlin) | Jg 43 | hm |
| Ber. D. Chem. Ges. | Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft (Berlin) | Jg 48 | j 18 |
| Berl. Ber. | Sitzungsberichte der Kgl. Preuß. Akademie der Wissenschaften (Berlin) | 1915 | w |
| Bull. Bur. Standards | Bulletin of the Bureau of Standards (Washington) | Bd 11 | |
| Bull. Schweiz El. V. | Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (Zürich) | Jg 6 | m |
| C. R. | Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences (Paris) | Bd 160, 161 | w |
| Chemikerztg. | Chemiker-Zeitung (Köthen) | Jg 39 | w 3 |
| El. Anz. | Elektrotechnischer Anzeiger (Berlin) | Jg 32 | hw |
| El. Kraftbetr. | Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen (München und Berlin) | Jg 13 | m 3 |
| El. Masch.-Bau | Elektrotechnik und Maschinenbau (Wien) | Jg 33 | w |
| El. Rev. (Ldn.) | The Electrical Review (London) | Bd 76, 77 | w |
| El. Rlwy. Jl. | Electric Railway Journal (New York) | Bd 45, 46 | w |
| El. World | Electrical World | Bd 65, 66 | w |
| Elchem. Zschr. | Elektrochemische Zeitschrift (Berlin) | Bd 21, 22 | m |
| Electr. (Ldn.) | The Electrician (London) | Bd 74, 75 76 | w |
| ETZ | Elektrotechnische Zeitschrift (Berlin) | Jg 36 | w |
| Gen. El. Rev. | General Electrical Review (New York) | Bd 18 | m |
| Helios | Helios, Fach- und Export-Zeitschrift für Elektrotechnik (Leipzig) | Jg 21 | w |
| J. Am. Chem. Soc. | Journal of the American Chemical Society (New York) | Bd 37 | m |
| J. Télégr. | Journal télégraphique (Bern) | Bd 39 | m |
| JB drahtl. Telegr. | Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie (Leipzig) | Bd 9, 10 | j 8 |
| Met. Chem. Eng. | Metallurgical and Chemical Engineering (New York) | Bd 13 | m |
| Meteor. Z. | Meteorologische Zeitschrift (Braunschweig) | Bd 32 | m |
| Mitt. BBC. | Mitteilungen von Brown, Boveri & Co. (Mannheim) | Jg 2 | m |

[1]) j, m, hm, w bedeuten jährlich, monatlich, halbmonatlich, wöchentlich; m 3 = monatlich 3 Hefte.

| Abkürzung | Titel der Zeitschrift und Erscheinungsort | Im Jahre 1915 erschienene Bände | Erscheinen |
|---|---|---|---|
| Mitt. Ver. EW. . . . | Mitteilungen der Vereinigung der Elektrizitätswerke (Dresden) . . . . . . . . . . . . . | Jg 14 | m |
| Naturwiss. . . . . . | Die Naturwissenschaften (Berlin) . . . . . . . | Bd 3 | w |
| Phil. Mag. . . . . . . | The London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science (London) | R 6, Bd 29, 30 | m |
| Phys. Rev. . . . . . | The Physical Review (Lancaster u. Ithaca) . . | R 2, Bd 5, 6 | m |
| Phys Z. . . . . . . . | Physikalische Zeitschrift (Leipzig) . . . . . . | Jg 17 | hm |
| Proc. Am. Inst. El. Eng. | Proceedings of the American Institute of Electrical Engineers (New York) . . . . . . . | Bd 34 | j 12 |
| Proc. Roy. Soc. Ldn. | Proceedings of the Royal Society of London (London) . . . . . . . . . . . . . . . | Reihe A Bd 91, 92 | |
| Schweiz. Bauztg. . . . | Schweizerische Bauzeitung (Zürich) . . . . . | Bd 65, 66 | w |
| Telegr.- u. Fernspr.-Techn. . . . . . . | Telegraphen- und Fernsprechtechnik (Berlin) . | Jg 3, 4 | hm |
| Verh. D. Phys. Ges. . | Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (Braunschweig) . . . . . . . | Jg 17 | j 24 |
| Wien. Anz. . . . . . | Anzeiger der Kais. Akademie der Wissenschaften, math.-naturwiss. Klasse (Wien) . . . . . . | 1915 | |
| Wien. Ber. . . . . . | Sitzungsberichte der Kais. Akademie der Wissenschaften, math.-naturwiss. Klasse, Abt. IIa (Wien) . . . . . . . . . . . . . . . . . . | Bd 124 | j 10 |
| Z. angew. Chem. . . | Zeitschrift für angewandte Chemie (Leipzig) . | Bd 28 | hm |
| Z. anorg. Chem. . . . | Zeitschrift für anorganische Chemie (Hamburg und Leipzig) . . . . . . . . . . . . . . | Bd 90—93 | |
| Z. Beleucht. . . . . . | Zeitschrift für Beleuchtungswesen, Heizungs- u. Lüftungstechnik (Berlin) . . . . . . . . . | Jg 21 | m 3 |
| Z. Elchemie . . . . . | Zeitschrift für Elektrochemie (Halle a. S.) . . | Bd 21 | hm |
| Z. Instrk. . . . . . . | Zeitschrift für Instrumentenkunde (Berlin) . . | Jg 35 | m |
| Z. phys. Chem. . . . | Zeitschrift für physikalische Chemie (Leipzig) . | Bd 89, 90 | j 18 |
| Z. Ver. D. Ing. . . . | Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure (Berlin) . . . . . . . . . . . . . . . . . | Bd 59 | w |

## Sonstige Abkürzungen.

DRP, EP, FP, USP: Deutsches, englisches, französisches, amerikanisches Patent.
R, Bd, Jg: Reihe, Band, Jahrgang.
JB 1912, 1913: Jahrbuch der Elektrotechnik, Jahrgang 1912, 1913.
AEG, BBC, BEW, H & B, MAN, S & H, SSW: Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft; Brown, Boveri & Co.; Berliner Elektrizitätswerke; Hartmann & Braun; Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg; Siemens & Halske; Siemens-Schuckertwerke.

# I. Allgemeines.



## Die elektrischen Ausstellungen des Jahres 1915.

Von Prof. Dr. Otto Edelmann.

Über das Ausstellungswesen ist diesmal außerordentlich wenig zu berichten. Nicht nur, daß die Kriegslage die Ausstellungen überhaupt ganz bedeutend eingedämmt hat, es brachten auch die Verkehrserschwernisse mit sich, daß nur spärliche Nachrichten zu uns gelangten, so daß das Wenige, was berichtet werden konnte, nicht einmal als vollständig angesehen werden kann. Vielleicht lassen sich später Nachträge bringen.

### Deutschland.

Es sind eigentlich nur zwei Ausstellungen zu erwähnen und diese standen im unmittelbaren Zusammenhang mit dem Krieg.

In **Berlin**[1]) war im Dezember eine Ausstellung für Verwundeten- und Krankenpflege im Reichstagsgebäude. Die Elektrotechnik spielte dabei eine große Rolle; Feldkraftwagen mit Benzinmotor, fahrbare und stationäre Röntgeneinrichtungen, Röntgenaufnahmen, Apparate zur Hals- und Augenbehandlung sowie zur allgemeinen Wundbehandlung mit galvanischer und faradischer Elektrizität, auch mit intermittierenden Strömen, Gelenk- und Massagebehandlung, Muskelübungsapparat, Heizkissen, Thermoflux u. dgl. — Gleichfalls im Dezember fand eine Sonderausstellung von Ersatzgliedern und Arbeitshilfen in der Ständigen Ausstellung für Arbeiterwohlfahrt[2]) statt. Für unser Fach hatte diese Ausstellung insofern Interesse, als die Berufsausbildung Kriegsbeschädigter natürlich für dessen Angehörige nicht minder wichtig ist als für andere Fächer; bei der Herstellung künstlicher Glieder sind auch elektrotechnische Firmen hervorragend beteiligt. — Für das Ausstellungswesen ist das neue Jahrbuch der Ständigen Ausstellungskommission für die Deutsche Industrie[3]) nicht unwichtig. Die Besprechung in der „Elektrizität" betont mit Recht, daß nach glücklicher Beendigung des Krieges dem Ausstellungswesen eine gesteigerte Bedeutung zukommen wird. Gelte es doch, dann zu erweisen, daß der deutsche Wettbewerb allen Ränken zum Trotz nicht lahm gelegt werden

konnte. In diesem Sinne soll das genannte Jahrbuch künftiger Friedensarbeit der deutschen Industrie dienen.

Nachdem die Gegenwart so wenig zu berichten weiß, kann man vielleicht doch hier schon auf ein Projekt hinweisen, welches nach dem Kriege durchgeführt werden soll. Es ist beabsichtigt[4]), eine Wanderausstellung „Deutsche Waren unter fremder Flagge“ zu veranstalten, an der auch die Elektrotechnik nicht uninteressiert ist. Es sollen folgende Warengruppen anschaulich vorgeführt werden: 1. Deutsche Waren, die im Inland als fremde Erzeugnisse bezeichnet und gehandelt werden; 2. deutsche Waren, die über das Ausland bezogen werden oder nur in Transitlagern umgepackt und mit fremder Ursprungsbezeichnung gehandelt werden; 3. deutsche Halbfabrikate, die im Ausland eine Veredelung erfahren; 4. fremde Waren, die als deutsche in den Handel kommen und ebensogut in Deutschland erzeugt werden können.

## Europäisches Ausland.

**Schweden.** Zum Bericht von 1914 ist noch die Baltische Ausstellung[5]) zu Malmö zu erwähnen. Das deutsche Eisenbahnwesen war besonders glänzend vertreten; darunter waren elektrische Schnellzugslokomotiven, Triebwagen mit Diesel-elektrischem und benzin-elektrischem Antrieb, ferner Akkumulatorenwagen und Untersuchungs- und Arbeitswagen für elektrische Bahnen, teils auch mit eigenem Antrieb. Auch Wechselstromlokomotiven waren vorhanden. — Aus dem deutschen Katalog geht hervor, daß die deutsche elektrische Industrie in ganz hervorragender Weise vertreten war. Besondere Aufmerksamkeit war, wie vorerwähnt, der elektrischen Traktion gewidmet. Auch die Feinmechanik bzw. der Bau elektrischer Meßinstrumente war würdig vertreten.

**England.** Eine elektrische Kochausstellung[6]) fand in der Gartenbauhalle in London im Mai statt. Kurse für elektrisches Kochen, Heizen, Reinigen und Lüften wurden abgehalten. Gleichzeitig waren auch Gaskoch- und Heizapparate ausgestellt. — In Deansgate, Manchester, fand im Juni eine Ausstellung des Handels mit Eisen und verwandten Zweigen[7]) statt, wobei eine große Auswahl von elektrischen Koch- und Heizapparaten, Installationsgegenständen u. dgl. zu sehen war. — Man berät in England über die Abhaltung einer Gewerbeausstellung des britischen Reiches[8]) nach dem Krieg.

## Übersee.

**Nordamerika.** Das Hauptereignis bildete natürlich die Weltausstellung zu San Francisco, an der trotz des Weltkrieges sich auch eine Anzahl deutscher Firmen beteiligt hatten; eine amtliche oder amtlich anerkannte Beteiligung der deutschen Industrie war abgelehnt worden. Erfreulicherweise hat die Preisverteilung, bei der die beteiligten deutschen Aussteller in erster Reihe standen, auch dort wieder die führende Stellung der deutschen Industrie vor aller Augen dargetan. Die gesamte elektrische Einrichtung war der Pacific Gas and El. Co.[10]) übertragen, welche sämtliche Leitungen, Transformatoren und Schaltanlagen der Ausstellungsleitung für die Dauer der Ausstellung gegen eine Gebühr überließ. — Eine äußerst interessante Spezialausstellung zeigte G. M. Gest[11]) über unterirdische Stromführung. — Es befand sich dort die größte elektrische Lokomotive[12]) der Welt. Sie hatte zwei Motoren von zusammen 3000 kW. Ein elektrisches Haus[13]) durfte nicht fehlen. Eine Sammlung von Zeiger- und Registrierinstrumenten wird erwähnt. — Am 5. Juli wurde ein „Busch-Sulzer-Diesel-Maschinentag“[14]) gefeiert mit Vorträgen, Medaillenverleihung usw. Zu Ehren des Erfinders Edison[15]) fanden am 21. Oktober eine Reihe von Festlichkeiten statt.

Für uns neuartig und erwähnenswert war, daß zur Bequemlichkeit des Publikums 200 elektrische Rollstühle[16]) auf dieser Ausstellung in Betrieb waren.

Ende November und Anfang Dezember wurde in Indianapolis[17]) von ansässigen Gewerbetreibenden und Elektrizitäts-Gesellschaften eine elektrische

Ausstellung für Beleuchtung und Beheizung veranstaltet. Die verschiedenen Anwendungen der Elektrizität wurden vorgezeigt und belehrende Büchlein verteilt.

Auch in San Diego in Kalifornien[18]) soll eine Panama-Ausstellung gewesen sein. Den Amerikanern scheint die festliche Beleuchtung einer Ausstellung immer noch eine ganz besondere Merkwürdigkeit zu sein, denn hier, wie auch bei allen anderen derartigen Berichten spielen die Beschreibungen und Abbildungen über die Beleuchtung eine große Rolle. Nach unserer Meinung gehören solche Dinge eher in die Tagespresse oder in die illustrierten Zeitschriften als in die Fachpresse.

Die im Bericht des Vorjahres angeführte Schlußbemerkung über die künftige Bedeutung des Ausstellungswesens gilt nach wie vor. Dieselben Gedanken sind inzwischen auch von anderer Seite ausgesprochen worden. Es bleibt nur zu wünschen, daß der Zeitpunkt, an dem man sich wieder solchen Aufgaben widmen kann, nicht allzu ferne liegen möchte.

[1]) Helios Fachz. 1915, S 49. — [2]) El. Kraftbetr. 1915, S 376. — [3]) Ständige Ausstellungskommission, Die Elektrizität, 1915, S 11. — [4]) ETZ 1915, S 129. — [5]) Anger, Z. Ver. D. Ing. 1915, S 233, 313, 557. — [6]) Electr. (Ldn.) Bd 75, S 149. — [7]) Electr. (Ldn.) Bd 75, S 332. — [8]) Electr. (Ldn.) Bd 76, S 181. — [9]) El. Kraftbetr. 1915, S 344. — [10]) El. World Bd 64, S 1242. — [11]) G. M. Gest, El. World Bd 6, S 213. — [12]) Electr. (Ldn.) Bd 75, S 169. — [13]) Electr. (Ldn.) Bd 75, Suppl. S 104. — [14]) El. World Bd 66, S 227. — [15]) El. World Bd 66, S 957. — [16]] El. World Bd 66, S 260. — [17]) El. World Bd 66, S 1165. — [18]) El. World Bd 65, S 257.

## Vereinswesen und Kongresse.

Von Prof. Dr. Otto Edelmann.

### Deutschland.

Der Verband Deutscher Elektrotechniker hat von der Abhaltung einer Jahresversammlung im Jahre 1915 abgesehen. Natürlicherweise ruhte die Tätigkeit des Verbandes nicht, wenn auch die sonst üblichen Sitzungen wesentlich eingeschränkt waren. Die durch den Krieg bedingten Maßnahmen, hauptsächlich Normalien für Ersatzstoffe, sind besonders bemerkenswert (s. S 24).

Die Deutsche Beleuchtungstechnische Gesellschaft[1]) hielt ihre 2. Jahresversammlung am 23. Oktober in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, Charlottenburg. Voege sprach über weitere Ausbildung der objektiven Photometrie mit Hilfe lichtelektrischer Alkalizellen und ihre Anwendung auf Beleuchtungsmessungen. Lummer über Ziele und Grenzen der Leuchttechnik, neue Methoden zur Temperaturbestimmung von Temperaturstrahlern, speziell der Sonne.

13. Jahresversammlung des Verbandes der elektrotechnischen Installationsfirmen in Deutschland.[2]) Ende Juni in Magdeburg. Im Bericht des Vorstandes treten die Kriegsmaßnahmen besonders umfangreich und interessant hervor. Es wird über Ausstellungswesen und Mietinstallationen referiert, ferner über die Monopolisierungsbestrebungen der Elektrizitätswerke, über das in der Zukunft wahrscheinlich kommende Elektrizitäts-Monopol, über angemessene Preise für das elektrotechnische Installationsgewerbe.

15. Vereinsversammlung des Vereins Deutscher Straßenbahn- und Kleinbahnverwaltungen[3]) am 2. Oktober 1915 in Leipzig. Das Programm enthielt außer den Besprechungen über vereinsgeschäftliche Fragen drei Vorträge: Meyer (Große Berliner Straßenbahn) sprach über elastischen Oberbau und die Schwingungstheorie der Schiene. Stahl-Düsseldorf trug über Maßnahmen für regelrechte Schulung des Publikums und anderes zur Vermeidung von Straßen-

bahnunfällen vor. Otto behandelte in eingehender Weise Herstellung und Eigenschaften der Melaunschen Verbundschiene. In Anbetracht der Zeitlage unterblieben bei diesen, wie bei den anderen Kongressen alle festlichen Veranstaltungen.

Deutscher Beleuchtungstag[4]) 2. März in Leipzig. Derselbe verfolgt folgende drei Ziele: 1. Dauerndes Zusammenarbeiten sämtlicher Verbände und Berufsgruppen; 2. Förderung berechtigter Bestrebungen der Einzelgruppen; 3. Vertretung der Gesamtinteressen der Branche nach außen. Es wurden 4 Gruppen zur Bearbeitung der Fragen gebildet: Fabrikanten, Grossisten, Detaillisten und Handwerker. Am eingehendsten beschäftigte sich die Versammlung mit der Metallbeschlagnahmeverfügung und ihren Folgeerscheinungen. Auch die Frage der Katalogpreise wurde eingehend erörtert.

## Österreich-Ungarn.

33. Generalversammlung des Elektrotechnischen Vereins in Wien[5]) am 24. März 1915. Die Kriegslage drückte auch dieser Versammlung einen charakteristischen Stempel auf. (Verhandlungen über Fürsorgetätigkeit.) Folgende Komitees erstatteten Bericht: Das für die Revision der Theatervorschriften (der Internationalen Elektrotechnischen Kommission) und das Komitee für Prüfungs- und Konstruktionsvorschriften. Es wird auch über die Tätigkeit des Wasserwirtschaftsverbandes der österreichischen Industrie berichtet und über die Internationale Beleuchtungstechnische Kommission.

12. Jahresversammlung der Vereinigung österreichischer und ungarischer Elektrizitätswerke[6]) 17. Juli 1915 in Wien. Es wurde über Freimachung von Kupfermengen durch geeignete Maßnahmen gesprochen. Dr. Harbich sprach über elektrische Fernleitungen als kriegsbegünstigte Bauten.

## Europäisches Ausland.

Jahresversammlung des Schweizer Elektrotechnischen Vereins und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke[7]) am 30. und 31. Oktober 1915 in Luzern. Berichte wurden von folgenden Kommissionen erstattet: Niederspannungsmaterial, Drähte, Kabel und Isolierstoffe, Erdströme und Erdungen, Meßapparate und Zähler, Koch- und Heizapparate, Hochspannungsapparate und Brandschutz, Überspannungsschutz, Unfallversicherung, endlich durch die Studienkommission für elektrischen Bahnbetrieb.

9. Generalversammlung der Schweizerischen Elektro-Installationsfirmen[8]), 24. Oktober zu Bern. Der Deutsche Verband war vertreten. Auf der Tagesordnung standen sehr wichtige Verhandlungspunkte, u. a.: Berichterstattung über die Bewährung der Minimaltarife für Hausinstallationen und Freileitungen; Berichterstattung über die Erfahrungen mit dem Beleuchtungskörper-Vertrag und dem Lehrlings-Vertrag; Besprechung der heutigen Geschäftslage und Stellungnahme zu den Beschlüssen der Züricher Versammlung; Stellungnahme zur Sanierungsbestrebung in der Installationsbranche; die Monopolfrage und das jetzige Konzessionssystem der Elektrizitätswerke; Lohnzahlung an Beamte und Angestellte während der Mobilmachung.

Baltischer Ingenieurkongreß[9]) in Malmö. (Nachtrag zu 1914.) Es war dort auch der Verband Deutscher Elektrotechniker vertreten. Dahlgren sprach über elektrische Heizung von Gebäuden; über elektrische Großküchenbetriebe und elektrisches Kochen im allgemeinen wurden ebenfalls Mitteilungen gemacht. Auch für Elektriker von Interesse waren die Vorträge von Conventz über Berücksichtigung des Naturschutzes bei Ingenieuranlagen und Sylwan über Verwertung der schwedischen Wasserkräfte.

Institution of Electrical Engineers.[10]) Die Jahresversammlung wurde in London Ende Mai abgehalten. Die Mitgliederzahl ist von 7045 im Jahre 1913 auf 6811 zurückgegangen. Außer den üblichen fachlichen Berichten wird der Zeit Rechnung getragen durch Mitteilungen über Beteiligung an Heer und

Marine, über ein freiwilliges Ingenieurkorps, über den Handel mit Deutschland, Wohlfahrtseinrichtungen u. dgl.

Die Nationale Beleuchtungs-Gesellschaft von Großbritannien[11]) hielt ihre Versammlung am 20. Oktober in London ab. Man beschäftigte sich mit der Hefnerlampe.

Die Straßen- und Kleinbahnvereinigung[12]) hielt am 16. Juli in London ihren Kongreß. Man beschränkte ihn auf einen einzigen Tag.

## Übersee.

Gelegentlich der Weltausstellung fanden eine Unmenge von Veranstaltungen in San Francisco statt. Wenn man die Berichte liest, muß man lebhaft bedauern, daß das große Projekt des deutschen Ingenieurbesuches in Amerika wegen des Krieges nicht durchgeführt werden konnte. In San Francisco fanden, soweit sich ermitteln läßt, folgende Versammlungen statt:

Panama-Pacific-Kongreß und Jahresversammlung des American Institute of Electrical Engineers vom 16. bis 18. September. 38. Jahresversammlung der National Electric Light Association. Internationaler Ingenieurkongreß am 20. bis 25. September. Zusammenkunft der Fachleute für elektrische Bahnen am 4. bis 8. Oktober. Nationale Vereinigung von Eisenbahnbevollmächtigten am 12. bis 16. Oktober.

Die Mitgliederzahl des American Inst. of El. Engineers[13]) belief sich auf 8054, verteilt auf 31 Bezirksvereine und 52 Unterabteilungen. Präsident ist J. J. Carty, Chefingenieur der Amerikanischen Telephon- und Telegraphen-Kompagnie in New York.

Über die bedeutenden Vorträge auf der Frühjahrsversammlung[14]) in New York von L. E. Imlay, K. C. Randall, F. W. Peek, C. J. Burkholder und Stahl, F. Bedell und E. C. Mayer, E. S. Mc Dowell wird an anderer Stelle berichtet. — Auf der 32. Jahresversammlung[15]), 29. Juni bis 2. Juli 1915 in Deer Park nahm die Gründung, Konstruktion und Aufrichtung, sowie Verankerung von Masten für Leitungen sehr hoher Spannung einen weiten Raum ein. Vorträge von A. Bang, J. B. Whitehead und Bedell. Ferner wurden Berichte erstattet[16]) von L. F. Curtis, E. F. Whitney, J. B. Cox, G. B. Rosenblatt, J. Lyman, J. L. Mc K. Yardley, R. F. Blacke, H. A. Horner, F. M. Mojushi, Ch. L. Dawes, Ch. Fortexue, F. Creedy, N. A. Tynn, F. H. Douglas, V. L. Hollister, J. P. Minton, S. Miller, P. W. Gumaer, H. E. Stafford.

Am 16., 17. und 18. September fand der Panama-Pacific-Kongreß[17]) statt. Das Programm verteilte sich auf 10 Sitzungen, an denen auch die Amerikanische Elektrochemische Gesellschaft teilnahm. Es wurde über die physikalischen Grenzen der Kommutation, über automatisch kontrollierte Unterstationen gesprochen. Eine wichtige Sitzung war der Erörterung gemeinnütziger Angelegenheiten gewidmet. Es fand ferner eine elektrophysikalische Sitzung statt mit drei Themen: Wirkung von Überschlägen an Dielektrika, Erscheinungen an Lichtbögen und experimentelle Untersuchungen über die Hautwirkung. Gleichzeitig wurden elektrochemische Vorträge, solche über Freileitungsangelegenheiten und Spannungstransformation abgehalten. Vortragende: J. M. Weed, J. F. Peters, L. N. Robinson, P. Roux, B. G. Lamme, B. Gáti, F. W. Peek, A. G. Collis, Kennelly, Laws und Pierce, Lanphier, H. A. Hornor, Bright, Sykes, L. S. Foster, E. W. Allen und E. Taylor.

Die National Electric Light Association[18]) hielt ihre 38. Jahresversammlung in San Francisco. Diese Vereinigung der amerikanischen Elektrizitätswerke zählt 13448 Mitglieder, die Werke leisten zusammen 6 Mill. kW, die Gesamtjahreseinnahme beträgt etwa 1500 Mill. M. Die 40 Vorträge und Referate, die für diese Versammlung vorbereitet waren, umfaßten etwa 1400 Druckseiten, wie in der vorbereitenden Vorstandssitzung mitgeteilt wurde, das größte Material, was die Association je in Bereitschaft stellte. Es werden

äußerst interessante Mitteilungen über die Entwicklungsfähigkeit der Elektrizitätsverwertung in Amerika gebracht. Vortragende: J. E. Moultrop, Jollymann, Searing, P. M. Downing, C. H. Delany, L. L. Elden, Ph. Torchio, C. W. Bartlett.

Internationaler Ingenieurkongreß in San Francisco[19]), 23. bis 25. September. Vorträge: H. F. Parshall, London, S. Lubeck, Stockholm, C. H. Mitchell, Toronto, L. A. Ferguson, Chicago, F. G. Baum, San Francisco, E. Schildhauer, New York, C. E. Auel, Pittsburgh, F. L. Bishop, Pittsburgh, D. B. Rushmore, Schenectady, A. L. de Leeuw, Elizabethport N. Y., A. F. Ganz, Hoboken, G. M. Eaton, East Pittsburgh, E. Wilson, London, S. H. Blake, Schenectady.

Kongreß für elektrische Bahnen in San Francisco am 4. bis 8. Oktober. Der Präsident C. L. Allen[20]) gab einen Überblick über die einschlägige Industrie, die anscheinend in wenig erfreulicher Lage war. Über Sicherheitsmaßnahmen und Versicherung wurde gesprochen. Auch über die Entwicklung der Industrie und des Verkehrs auf elektrischen Bahnen im Laufe der Jahre wurden Mitteilungen gemacht. Es seien zurzeit mehr als 4½ Milliarden Dollars investiert. Die Zahl der Fahrgäste ist von etwa 2 Milliarden im Jahre 1890 auf mehr als 12 Milliarden im Jahre 1912 gestiegen.

Die Nationale Vereinigung von Eisenbahnbevollmächtigten[21]) trat vom 12. bis 16. Oktober in San Francisco zusammen. Eine ungemein reichhaltige Tagesordnung lag vor, unter der für uns vielleicht nur folgende Themen besonderes Interesse haben: Statistik und Abrechnungsergebnisse elektrischer Bahnen, Telephon- und Telegraphentaxen, Unfallstatistik.

Die Verkehrserschwerungen infolge des Kriegszustandes brachten es mit sich, daß manche Nachrichten über Ereignisse des Jahres 1914 erst so spät hier eintrafen, daß sie in das Jahrbuch 1914 nicht mehr aufgenommen werden konnten. Wir bringen daher nachstehend noch einige Ergänzungen zum Bericht über das Jahr 1914.

Sommerversammlung des Amer. Instit. of El. Engineers[22]) in Detroit vom 22. bis 26. Juni 1914. Folgende Vorträge erscheinen erwähnenswert: Mc Dowell, Elektrische Heizung an Bord der Schiffe, D. M. Mahood, Methoden zur Verringerung der Spitzenbelastungen für Konsumenten, welche auf der Basis der Spitzenbelastungen Strom beziehen, T. E. Tynes, Verwendung von Motoren mit verketteter Induktion für Walzwerke, W. Oschmann, Funkenstrecken mit Kugelelektroden zur Hochspannungsmessung, F. Peek, die elektrische Härte der Luft, J. B. Whitehead und W. S. Gorton, Entladespannungen der Funkenstrecken mit Kugelelektroden, J. Cameron Clark und H. J. Ryan, Daten über Hochspannungsfernleitungen, J. B. Fisken, Vorschriften für die Prüfung und Untersuchung von Hochspannungsisolatoren, E. E. F. Creighton, Über den gegenwärtigen Stand der Primärmaschinen, H. G. Stott, R. J. S. Pigott und W. S. Gorsuch, Spannungsprüfung von Kabeln. W. J. Middleton und Ch. L. Dawes.

Jahresversammlung der Association of Railway Electrical Engineers[23]), Oktober 1914 in Chicago. Es berichten die Ausschüsse für Statistik und Information; für Lokomotiv-Kopflaternen; für elektrische Güterwagen; für elektrische Traktion; für Beleuchtung. Milliner berichtet über drahtlose Telephonie mit fahrenden Zügen, K. R. Hare beschreibt eine Zugbeleuchtung.

Jahresversammlung der Illuminating Engineering Society, 21. bis 24. September 1914 in Cleveland. Fortschritte und Erfahrungen auf allen Gebieten der Beleuchtung.

Die Pennsylvania El. Association[25]) tagte im September 1914. E. W. Osborne, Wert und Werbung kleiner Konsumenten, H. F. Hatch über Pauschalzähler, A. O. Austin über Isolatorkonstruktion in Berücksichtigung des Blitzschutzes und anderer statischer Störungen.

Jahresversammlung der Edison Illuminating Companies[26]), September 1914 in White Sulphur Springs. Es wird über die Arbeiten des Lampenaus-

schusses des Straßenbeleuchtungsausschusses, sowie der Ausschüsse für Dampfbetriebe und Hochspannung berichtet. W. L. R. Emmett spricht über Quecksilberturbine und ihre Zukunft. Es handelt sich dabei um Kraftturbinen, die mit Quecksilberdampf betrieben werden. R. B. Bolton bespricht Versuche über Zentralstation und Staubplage der Städte, E. W. Lloyd berichtet über die Verwendung elektrischer Fahrzeuge in Deutschland.

Im Bericht von 1914 ist endlich noch nachzutragen, daß in Argentinien nunmehr auch eine Elektrotechniker-Vereinigung unter dem Namen: Asociacion Argentina de Electro-Técnicos[27]) mit dem Sitz in Buenos Aires besteht. Der Verein wird eine monatlich erscheinende Zeitschrift herausgeben, Stellen für Fachleute vermitteln, die industriellen Unternehmungen dem Verständnis des Publikums näher bringen, eine Fachbibliothek begründen. In Bearbeitung befinden sich Normalien und Vorschriften für die elektrische Industrie unter Berücksichtigung der für diese sehr ungünstigen örtlichen Verhältnisse.

Zum Schluß sei noch auf ein paar Merkwürdigkeiten im amerikanischen Vereinsleben hingewiesen: Eine sehr schöne Einrichtung, die auch bei uns manchmal nicht ohne großen Nutzen wäre, sind die Five-Minute Speeches. — Eine für unsere Verhältnisse merkwürdige Sache scheint die Werbung neuer Mitglieder zu sein. Es wird berichtet, daß der Ingenieurverein von Philadelphia eine „Mitgliedschaftskampagne“[28]) am 12. November beendigt hat, die ihm in 4½ Tagen eine Mehrung um 1576 neue Mitglieder brachte! Die Organisation dieses „Feldzugs“ bestand aus 28 Gruppen von je 5 Mann mit einem Obmann. Diese 28 Gruppen waren in zwei Abteilungen geteilt, die wieder unter einem gemeinsamen Oberkommando standen.

[1]) D. Beleuchtungstechn. Ges., ETZ 1915, S 529. — [2]) Verband d. el. Installationsfirmen, Die Elektrizität 1915, S 355, 369. — [3]) Verein D. Straßenb. u. Kleinb.-Verw., El. Kraftbetr. 1915, S 353. — [4]) D. Beleuchtungstag, Die Elektrizität 1915, S 130. — [5]) El. Verein in Wien, El. Masch.-Bau 1915, S 201. — [6]) Ver. österr. u. ungar. El.-Werke, ETZ 1915, S 583. — [7]) Schweiz. EV u. Verb. Schweiz. EW, Schweiz. El. Z. 1915. — [8]) Schweiz. Installationsfirmen, Die Elektrizität 1915, S 10. — [9]) Balt. Ingenieurkongreß, ETZ 1915, S 639. — [10]) Instit. El. Eng., Electr. (Ldn.) Bd 75, S 272. — [11]) Nat. Beleuchtungs-Ges. v. Großbritannien, Electr. (Ldn.) Bd 76, S 116. — [12]) Straßen- u. Kleinb.-Vereinig., Electr. (Ldn.) Bd 75, S 590. — [13]) Am. Inst. El. Eng., El. Kraftbetr. 1915, S 228. — [14]) Am. Inst. El. Eng., El. World Bd 65, S 523. — Helios Fachz. 1915, S 467. — [15]) Am. Inst. El. Eng., El. World Bd 66, S 67. — ETZ 1915, S 484. — [16]) Am. Inst. El. Eng., El. World Bd 64, S 606, 751. — [17]) Panama-Pacific Congress, El. World B 66, S 677, 732. — El. Masch.-Bau 1915, S 584. — [18]) Nat. El. Light Association, El. Masch.-Bau 1915, S 453. — [19]) Internat. Ingenieurkongreß, El. World Bd 66, S 676, 732. — ETZ 1915, S 669. — [20]) C. L. Allen, El. World Bd 66, S 791. — [21]) Nat. Vereinig. v. Eisenbahnbevollmächtigten, El. World Bd 66, S 961. — [22]) Am. Inst. El. Eng., El. World Bd 64, S 13. — Helios Fachz. 1915, S 89. — [23]) Assoc. Rlwy. El. Eng., El. World Bd 64, S 896. — Helios Fachz. 1915, S 387. — [24]) Illum. Eng. Soc., ETZ 1915, S 664. — Helios Fachz. 1915, S 380. — [25]) Pennsylv. El. Assoc., El. World Bd 64, S 557. — Helios Fachz. 1915, S 379. — [26]) Edison Ill. Cos., El. World Bd 64, S 555, 602. — Helios Fachz. 1915, S 379. — [27]) Argentin. EV., ETZ 1915, S 220. — [28]) El. World Bd 66, S 1131.

---

## Bildungswesen.

Von Prof. Dr. J. Epstein.

In den Veröffentlichungen zur Ausbildungsfrage spiegelt sich der Krieg in zwei Fragen: Was kann das technische Schulwesen an Erfolgen, die zutage getreten sind, für die Zukunft lernen? Wie hat es den Bedürfnissen des Tages Rechnung zu tragen?

Noch mehr als sonst weisen nach amerikanischen Berichten englische Ansprachen auf das deutsche Technische Schulwesen hin: In seiner Rede „British Electrical Engineers and the War“ vergleicht Thomas Rules[1]) England und Deutschland und hält eine Änderung des englischen Unterrichtswesens für nötig. Wenige Lehrzentren mit gut bezahlten erstklassigen Lehrkräften und gut ausgerüstet sollten an Stelle der großen Zahl unbedeutender Institute treten. Robert M. Paul[2]) klagt, daß der englische Studierende weder zu harter Arbeit noch zu klarem Denken und Schaffen erzogen werde, und nur unbestimmte Vorstellungen von den Anforderungen der Praxis habe. Unwin[3]) rühmt in seiner Adresse als Vorsitzender der Institution of Mechanical Engineers der englischen Ingenieurerziehung bessere Ausbildung des Charakters nach; doch müsse sie von Deutschland die umfassende Schulung des Geistes übernehmen, wenn England nach Friedensschluß den Gewinn an Handel behaupten wolle, den es im Krieg zu erwerben denke.

In Deutschland tritt keine Kritik von Lehrzielen und Methoden in den Vordergrund. In ihrer bisherigen Arbeitsweise unbeirrt fortfahrend, hat das technische Schulwesen den Verwundetenunterricht aufgegriffen; seine Ziele und Durchführung bilden ein Hauptthema von Veröffentlichungen und Diskussionen. Der Kriegsbeschädigte soll durch Unterricht nicht nur psychisch gehoben, sondern auch beruflich gefördert werden. Dem höher Gebildeten eröffnen sich die Hochschulen, für den minder Gebildeten sucht man einerseits die Allgemeinbildung aufzufrischen und zu ergänzen, anderseits die fachliche Ausbildung zu vervollkommnen und zu vertiefen. Einig wird man sich darin, daß eine Abwanderung von einem Beruf in den anderen möglichst vermieden werden soll, wohl aber strebt die Weiterbildung an, den, der seinen Beruf nicht mehr in der alten Weise erfüllen kann, in den Stand zu setzen, seine Berufserfahrung in anderer Stellung zu verwerten. Besondere Kurse für kriegsverletzte Elektrotechniker organisierte die Elektrotechnische Lehranstalt in Frankfurt a. M., während sie anderseits Angehörigen verwandter Berufe Gelegenheit bot, Fachkenntnisse zu erwerben, die ihnen für elektrische Betriebe zustatten kommen sollen. In den Verwundetenkursen, die Fortbildungsschulen in verschiedenen Städten einrichteten, wurde der Elektrotechnik der ihr gebührende Platz eingeräumt. In den besetzten Gebieten errichtete die deutsche Verwaltung in Warschau eine polnische Technische Hochschule[4]), welche unter 477 Hörern 41 Elektrotechniker aufweist.

Die stetig fortschreitende Entwicklung nähert die technischen Unterrichts- und Erziehungsmethoden der verschiedenen Länder.

Maßgebende deutsche Stimmen halten es für nötig, die studierende Jugend mehr auf körperliche Betätigung hinzuweisen. In der zweiten Auflage seines „Ratgebers“ hebt der Deutsche Ausschuß für technisches Schulwesen[5]) die Anforderungen an die verschiedenen Berufsklassen hervor und betont neben der fachlichen die moralische und physische Seite der Ausbildung: „Es empfiehlt sich, den größten Wert während der Ausbildungszeit auf die Aneignung allgemeiner technischer Grundlagen zu legen und dabei bemüht zu sein, die für den Erfolg mit ausschlaggebenden Charaktereigenschaften gleichfalls zu entwickeln. Auch auf die Erhaltung und Stärkung physischer Leistungsfähigkeit ist bei den großen Anforderungen, die heute im technischen Beruf gestellt werden, erhöhter Wert zu legen.“

Im Ausland verschiebt sich die Ausbildung immer mehr in der Richtung von technischer Fachschule zu wissenschaftlicher Hochschulbildung. Als erste Universität Amerikas verlangt die Ingenieurabteilung von Columbia einen College Course vor der Aufnahme[6]). Im Gegensatz zu selbständigen technischen Schulen ist sie durch ihre Zugehörigkeit zur Universität in der Lage, eine umfassendere Bildung zu geben. Die übliche technische Schule hatte in vier Jahren sowohl die Allgemeinbildung zu vervollständigen, als die Fachbildung zu geben, wobei dann entweder die fachliche Ausbildung zu kurz kam oder die Schulung zu scharfem Denken und klarem Ausdruck. Der neue Lehrplan von Columbia sieht

nun drei Jahre Besuch irgend eines College vor bis zu einer Vorbildung, die dem Bachelor of Science entspricht und drei Jahre Fachstudium in Columbia, abschließend mit dem Grad eines Electrical Engineers. In Mathematik wird bei dem Übertritt nach Columbia analytische Geometrie und Infinitesimalrechnung verlangt, in Physik ein Jahr Praktikum, im allgemeinen ein Bildungsgrad, der unserem Maturitätsexamen entsprechen dürfte. Das Fachstudium verwendet 46% der Zeit auf Elektrotechnik, 27% auf allgemeine Ingenieurwissenschaften, 10% auf Chemie, 9% auf Physik und den Rest auf Verschiedenes. Acht Wochen arbeitet der Student unter Leitung eines Instruktors in einem der großen Werke, mit denen darauf bezügliche Abkommen bestehen. Das elektrotechnische Institut selbst wirkt als Beratungsstelle für New York und wahrt so den Zusammenhang mit der lebendigen Praxis. Während bisher der Aufbau des Studiums im Belieben des einzelnen stand, haben die guten Erfahrungen mit solchen, die schon freiwillig einem vierjährigen Fachstudium den dreijährigen Vorkursus vorangehen ließen, dazu geführt, diesen Gang obligatorisch zu machen. — Den hohen Rang der amerikanischen Elektrotechnik führt Steinmetz[7]) zu einem wesentlichen Teil auf das Zusammenarbeiten von Schule und Industrie im technischen Erziehungswesen zurück. Ein Beispiel bietet in diesem Jahre eine Veröffentlichung der Chicago Central Station Institute[8]). Vier große Elektrizitätswerke unterhalten gemeinsam das Institut, zu dem nur ihre Angestellten zugelassen sind. Der Unterricht findet während der Arbeitszeit statt, doch wird aus ethischen Gründen ein geringes Schulgeld erhoben. Von 5000 Angestellten verlangen jährlich etwa 125—150 daran teilzunehmen. Neben dieser Abteilung für Leute, die schon in der Praxis stehen, besteht eine weitere für Ingenieure in Anfangsstellung. Hierfür werden mit besonderer Sorgfalt Studierende ausgewählt, die von ihren Lehrern empfohlen sind und die nach Persönlichkeit wie Ausbildung geeignet erscheinen, später zu höheren Stellen aufzusteigen. Sie erhalten Gehalt und zahlen Schulgeld. Die Hälfte der Zeit widmen sie einem Unterricht, die andere arbeiten sie in verschiedenen Abteilungen. Besonderes Gewicht wird auf kommerzielle Schulung in allen Gebieten des Zentralenbetriebes gelegt. Die Kurse bestehen seit vier Jahren, die Teilnehmerzahl, die je nach Bedarf festgesetzt wird, betrug zwischen 20 und 40. Das Lehrlingssystem der Gen. El. Co.[9]) bildet in dreijährigem Kursus Leute mit Volksschulbildung zu besseren Arbeitern, Vorarbeitern u. dgl. vor, in getrenntem 2½jährigem Lehrgang Leute mit besserer Schulbildung zu Betriebsingenieuren. Findet auch bei der Aufnahme eine Auswahl statt, so ist doch das Ziel dieser Einrichtungen die Ausbildung der großen Masse an gelernten Arbeitern und Hilfskräften. Besonders Befähigte werden ausgelesen und ebenso besonders Unbegabte ausgeschieden. Ein Zusammenarbeiten von Unternehmer und Schule tritt in der amerikanischen Literatur wesentlich mehr zutage als in der deutschen. Über Werkschulen zur Heranbildung von Lehrlingen liegen ja aus den letzten Jahren eine Reihe von ausführlichen Veröffentlichungen vor, die sich auf SSW, S&H, MAN, Loewe & Co. beziehen und weitere sind in den Berichten des Deutschen Ausschusses f. techn. Schulw. erwähnt. Darüber hinaus weiß der Berichterstatter von seinem Wohnort Frankfurt, daß hier AEG, H&B, Voigt & Haeffner, Veifa vorzüglich organisierte Lehrwerkstätten unterhalten und zum Teil auch Beamten- und Ingenieurfortbildungskurse abhalten, von denen in der Literatur nichts bekannt ist. Ähnlich mag es anderwärts liegen. Der 5. Verwaltungsbericht des Kgl. Preuß. Landesgewerbeamtes für 1914[10]) zählt 63 Werkschulen, die von Fabriken, Zechen oder Hütten unterhalten werden. Die Verbandsnormalien veröffentlichen eine lange Liste von Elektrizitätswerken, die bereit sind, dem jungen Elektroingenieur im Interesse seiner Ausbildung Beschäftigung zu gewähren.

Immerhin scheint das amerikanische Unternehmertum die Notwendigkeit, den Nachwuchs für seine Aufgaben zu erziehen, stärker zu empfinden als das deutsche und geht in der zielbewußten Hingabe hieran besonders gegenüber dem von der Hochschule kommenden Ingenieur wesentlich weiter.

Eine Steigerung der kommerziellen Ausbildung halten beide Länder für nötig. Verkäuferkurse der Nat. El. Light Ass.[11]) behandeln Verkaufskunde, Zähler, Tarife, Beleuchtung, Motorenbetrieb. An ähnlichen Kursen der Boston Edison Co.[12]) nehmen von deren 2000 Angestellten 200 teil. Der Unterricht ist kostenlos und findet während der Geschäftszeit statt. Über den Bedarf des einzelnen Unternehmens hinausgehende Ziele verfolgen die achtwöchigen, täglich einstündigen Kurse „Elektrizität für Geschäftsleute" der Staatsuniversität von Kentucky und vor allem die in Hinblick auf die Erfolge des ausländischen Handels Deutschlands von dem Committee on Commercial Education for Foreign Traffic[13]) veranstaltete Rundfrage. In Deutschland tritt neben den bisherigen Bestrebungen, kommerzielle Schulung in elektrotechnische Kreise zu tragen oder elektrotechnische Kenntnisse anderen Kreisen zu vermitteln, die wissenschaftliche Bearbeitung der Grenzgebiete hervor. Das neu gegründete betriebswissenschaftliche Institut an der Handelshochschule Mannheim[14]) dient der Forschung wie dem Unterricht und behandelt in seinem Seminar Betriebs- und Organisationsfragen von Industrie und Handel. Das neuerbaute Institut für technische Physik an der TechnischenHochschule München[15]) dient physikalischen Untersuchungen, die für die Technik von besonderer Wichtigkeit sind und soll einerseits dem Studierenden der technischen Physik offen stehen, anderseits dem ausgebildeten Ingenieur, der noch einige Zeit auf Erweiterung seiner Ausbildung verwenden will. — Die Entwicklung des elektrotechnischen Unterrichts und der ihm dienenden Institute in Wien von 1883 bis heute zeigen Hochenegg und Reithoffer[16]). Ein von Jung durch den österreichischen Polytechnischen Verein herausgegebenes Schriftchen gibt einen guten Einblick in das weitentwickelte technische Mittelschulwesen Österreichs. Der vierjährige Lehrplan der elektrotechnischen Abteilungen setzt das 14. Lebensjahr und gute Volksschulbildung voraus. Von den 42 Wochenstunden sind durchschnittlich nur sechs in den ersten Jahren demWerkstättenunterricht, in den letzten Jahren der Meßkunde und praktischen Übungen gewidmet. Die höhere Fachschule für Elektrotechnik am k. k. Technologischen Gewerbemuseum in Wien umfaßt fünf Jahre und führt den Werkstättenunterricht (anfangs 12, dann 6 Wochenstunden) bis ins letzte Jahr, während die Laboratoriumsübungen im dritten Jahr beginnen. Durchgehends wird den allgemein bildenden Fächern weiter Raum gewährt, so daß die Absolventen die Einjährigenberechtigung erwerben. Die Frage der fachlichen Berechtigungen ist im Fluß, da Österreich eine Neuregelung des Elektrotechnikergewerbes plant. Hierbei sollen ev. nach Stromart und Spannung abgestufte Konzessionen eingeführt werden.

Über das preußische gewerbliche Fortbildungsschulwesen und seine Entwicklung in den Jahren 1911 bis 1913, aufgewendete Kosten, Schulbesuch, Lehrpläne, gesetzliche Bestimmungen veröffentlicht das Kgl. preuß. Landesgewerbeamt[18]) ein reiches Material. Die Frage der Angliederung von Lehrwerkstätten an Fortbildungsschulen ist im Einklang mit Vorschlägen Sandrocks auf dem Deutschen Fortbildungsschultag dahin geklärt, daß sie nur als Ergänzung, nicht als Ersatz der Meisterlehre in Frage kommen. Als „Ergänzungswerkstätten", wie sie dementsprechend bezeichnet werden, sollen sie „etwa vorhandene Lücken der beruflichen Ausbildung, wie sie das veränderte Wirtschaftsleben mit sich bringt, ausfüllen, durch geistige Vertiefung in die verschiedensten Arbeitsgebiete Berufstüchtigkeit und Berufsfreudigkeit erhöhen".

In seiner Einführungsrede als Vorsitzender der Ass. of Supervising El. empfiehlt Dykes[19]) obligatorischen Fortbildungsschulunterricht bis zum 18. Jahre, wöchentlich 8 Stunden während der Arbeitszeit. Mit dem Motto „Von den Feinden soll man lernen", weist er auf das hin, was in München geleistet wird. Nach einem Vorbild im englischen Gasfach empfiehlt er zur Ausbildung des Elektrotechnikerlehrlings ein systematisches Zusammenwirken von Meisterlehre und Sonderkursen an einzelnen öffentlichen Fortbildungsschulen. Hüben wie drüben sieht man mit Besorgnis, daß die Jugend die sofort und gut bezahlte Tätigkeit als Laufbursche o. dgl. dem Eintritt in einen festen Beruf

vorzieht. — Fleming[20]) tritt für den Arbeiter für eine „Vorlehre" noch während der Schulzeit ein, die dem 12—15jährigen Jungen Gelegenheit gibt, praktisches Arbeiten kennen zu lernen, auch Physik und technisches Zeichnen zu treiben. Für den Ingenieur komme man von der 5jährigen praktischen Ausbildung ab, doch sieht der von ihm vertretene Ausbildungsplan der British Westinghouse Co. selbst bei bester theoretischer Schulung noch eine zweijährige praktische Schulung vor.

[1]) Thomas Rules, El. World Bd 65, S 38. — [2]) Paul, El. World Bd 65, S 38. — [3]) Unwin, Techn. und Wirtsch. 1915, S 256. — [4]) Zentralbl. Bauverw. 1915, S 656. — [5]) Deutscher Aussch. f. techn. Schulw., Die Ausbildung für den techn. Beruf in der mech. Industrie. — [6]) W. J. Slichter, Gen El. Rev. 1915, S 910. — [7]) Ch. P. Steinmetz, Gen. El. Rev. 1915, S 813. — [8]) Training men for the central station industry, El. World Bd 66, S 962. — [9]) T. Bodde, Gen. El. Rev. 1915, S 35. — [10]) Verwaltungsber. d. Kgl Preuß. Landesgewerbeamtes f. 1914, S 93. — [11]) El. World Bd 65, S 1528. — [12]) El. World Bd 66, S 291. — [13]) El. World Bd 65, S 1651. — [14]) D. Betriebswissensch. Inst. f. Forsch. a. d. Geb. d. Betriebslebens an d. Handelshochsch. Mannheim. — [15]) Z. Ver. D. Ing. 1915, S 929. — [16]) Die k. k. Techn. Hochschule in Wien 1815 bis 1915. — [17]) Jung, Die höh. techn. Lehranst. Österreichs u. d. Berechtigungen ihrer Absolventen. — [18]) Verwaltungsber. d. Kgl. Preuß. Landesgewerbeamtes für 1914. — [19]) Dykes, Electr. (Ldn.) Bd 77, S 8. — [20]) Fleming, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 777.

---

## Sozial-Technisches.

Von Oberingenieur Karl Seidel.

**Gesetzgebung.** Neue gesetzliche Bestimmungen über Einrichtung und Betrieb von Fabriken und Werkstätten sind im Berichtsjahre im Deutschen Reiche nur in geringem Umfange getroffen worden. Das Reichsamt des Innern hat eine vollständige Zusammenstellung aller im Deutschen Reiche sowohl vom Bundesrat wie von den verschiedenen Landesbehörden erlassenen Arbeiterschutzvorschriften[1]) (einschl. Verordnungen, Bekanntmachungen, Grundsätze, Anweisungen, Erlasse, Entschließungen usw.) herausgegeben. Das Werk dient in ausgezeichneter Weise zur Aufklärung über die im Deutschen Reiche außerordentlich zahlreichen behördlichen Verordnungen und wird Fabriken von Nutzen sein, die mehrere Filialen besitzen oder ihre Lieferungen von Fabrikseinrichtungen auf verschiedene Bundesstaaten ausdehnen.

Über die Entwicklung der Arbeiterschutzgesetzgebung in den Vereinigten Staaten berichtet Else Lüders[2]). — Für die Niederlande[3]) sind durch Erlaß vom 27. November 1913 Bestimmungen über den Schutz des Lebens und der Sicherheit der Arbeiter in industriellen Betrieben getroffen worden. — Über die wichtigeren im Jahre 1913 in Österreich erlassenen amtlichen Verfügungen zur Abänderung der Gewerbeordnung berichtet von Wunschheim, Wien[4]). — In Frankreich[5]) sind über die Einschränkung der Kinder-, Jugendlichen- und Frauenarbeit durch Dekret des Präsidenten der Republik vom 21. März 1914 Bestimmungen erlassen worden; die Beschäftigung von Jugendlichen unter 18 Jahren und Frauen wird zum Teil unbedingt verboten, zum Teil unter gewissen Bedingungen gestattet. — Das Reichsamt für Sozialangelegenheiten in Schweden[6]) hat Bestimmungen erlassen über die Verwendung jugendlicher Arbeiter bei gefährlichen Arbeiten; sie ist verboten bei der Wartung von Dampfkesseln, Motoren und beim Reinigen und Schmieren der im Gange befindlichen Maschinen. — In der Schweiz ist ein neues Fabrikgesetz[7]) unterm 18. Juni 1814 erlassen über Fabrikhygiene, Arbeitszeit, Nacht- und Sonntagsarbeit, Beschäftigung von jugendlichen und weiblichen Personen, Schwangeren und Wöchnerinnen usw. F. Zollinger gibt außerdem noch aus den Berichten der schweizerischen Fabrik- und Bergwerksinspektoren Bemerkenswertes aus ihrer Tätigkeit in den letzten Jahren.

**Gefahren der Elektrotechnik.** Bei einer der Untergrundbahnen in New York[8]) wurde durch einen Kurzschluß in einem Schaltraume neben dem Bahntunnel die Stromzuführung unterbrochen und die Stromzuführungskabel in Brand gesetzt. In den Untergrundbahntunnel drangen trotz eiserner asbestbekleideter Türen erhebliche Rauchmassen ein; drei Züge waren in dem Tunnel stecken geblieben. Die Feuerwehr mußte durch einen Ventilationsschacht die Fahrgäste entfernen, und es verfiel nur eine Frau und zwar während des Transportes zum Hospital dem Tode, während alle übrigen Verletzungen leicht verliefen. Die Beleuchtung der Untergrundbahnen erfolgt im Notfalle durch Batterien; erwogen wird jetzt auch die Beleuchtung des Tunnels von einer Stromquelle aus, die unabhängig von dem Kraftstrom für die Zugförderung ist.

**Unfallstatistik.** Über elektrische Unfälle in oberschlesischen Gruben und Hütten berichtet Vogel[9]). Insgesamt sind 17 Unfälle vorgekommen; darunter wird auch ein Unfall erwähnt, der vom hinzugezogenen Arzt als durch elektrischen Strom verursacht erklärt wurde, während in der Nähe weder elektrische Leitungen noch Rohrleitungen, die abirrende Ströme hätten aufnehmen können, vorhanden waren. Bemerkenswert ist noch, daß nach Ansicht des Berichterstatters Unfälle beim Lokomotivbetrieb mit einphasigem Wechselstrom häufiger auftreten als beim Betrieb mit Gleichstrom. — Die Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik[10]) weist 151 Unfälle durch elektrischen Strom für das Jahr 1914 gegenüber 169 im Vorjahre nach; darunter hatten 76 (94) den Tod zur Folge. Die Abnahme der Unfälle ist auf die Verminderung der Arbeiterzahl zurückzuführen.

In der Schweiz[11]) wurden im Jahre 1914 durch 33 elektrische Unfälle 36 Personen verletzt gegenüber 52 Personen im Vorjahre, hierunter waren 18 (19) Todesfälle. Von den Verletzten gehörten 12 (18) zum Betriebspersonal, 7 (31) zu dem Monteur- und Hilfspersonal, während 17 (3) Personen dem elektrotechnischen Personal nicht zugehörten. — Nach dem Jahresbericht des Electrical Inspector of Factories[12]) ereigneten sich in England im Jahr 1914 in elektrischen Stationen 99 (94) elektrische Unfälle, wovon 29 (4 tödliche) auf Arbeiten unter Spannung entfielen. In anderen Fabriken traten noch 350 (418) Unfälle durch elektrischen Strom ein, darunter 16 (15) Todesfälle. Von diesen Unfällen wurden 26 durch biegsame Leitungsschnüre veranlaßt, 7 Todesfälle kamen an blanken stromführenden Leitungen vor und 9, aber nicht tödlich verlaufene an Kranleitungen. In mehreren Fällen wurden die Verunglückten durch Wiederbelebungsversuche gerettet. — In englischen Bergwerken und Steinbrüchen[13]) sind im Jahre 1913 insgesamt 1870 Todesfälle vorgekommen bei einer Arbeiterzahl von 1236000. Im allgemeinen haben die Todesfälle seit 1851 dauernd abgenommen. Infolge der starken Zunahme in der Anwendung der Elektrizität haben sich die elektrischen Unfälle natürlich vermehrt; trotzdem sind nur 16 Todesfälle (12 unter und 4 über Tage) vorgekommen. Von den 12 Todesfällen unter Tage waren 6 durch fehlerhafte oder mangelhafte Erdung veranlaßt. — Nach dem Bericht der österreichischen Gewerbeinspektoren[14]) sind im Jahre 1914 408 (508) elektrische Unfälle, darunter 22 (32) Todesfälle, zur Kenntnis gekommen.

**Unfallverhütung und Arbeiterschutz.** In den Vereinigten Staaten Amerikas hat die Bewegung zur Erhöhung der Sicherheit besonders in dem Betriebe der Straßenbahnen wesentliche Fortschritte gemacht. Besonders bei den Straßenbahnen Chicagos[15]) hat der Juni 1914 gegen den Juni 1910 eine erhebliche Verminderung der Unfälle erkennen lassen. Die Anzahl der Todesfälle unter den Bahnbediensteten hat sich um 32%, die Anzahl der Verletzungen um 26,5% vermindert, während die Unfälle von Fahrgästen um 21,8% abgenommen haben. Zur Förderung der Unfallverhütung werden nicht nur Vorträge in den Schulen gehalten, sondern es werden dem Publikum die Verhaltungsmaßregeln für den Straßenbahnverkehr auf die verschiedenste Weise nahe gebracht, z. B. auf Trinkbechern, in Notizbüchern, in Films über Straßenbahnunfälle, in kleinen farbigen Bildern, die Zusammenstöße von Straßenbahnwagen mit anderen

Fahrzeugen, Kraftwagen usw., verstümmelte Kinder u. a. m. darstellen und auf der Straße verteilt werden. Die Angestellten der Straßenbahn werden besonders unterwiesen, Schutzvorrichtungen an Maschinen werden in den Werkstätten vorgeschrieben und auch die Anwendung von Rettungsmitteln, besonders des Pulmotors der Drägerwerke in Lübeck vorbereitet. — Der Verband der elektrischen Straßenbahnen des Staates New York hat Verhandlungen[16]) über die Unfallverhütung im Straßenbahnverkehr geführt. Über die Erhöhung der Sicherheit in den Werkstätten war nichts Neues zu berichten. J. J. Doyle sprach ausführlich über die Einführung und Ausrüstung von Straßenbahnwagen mit Mitteleingang; die Türen sind während der Fahrt elektromagnetisch verriegelt; seitdem sind auf dieser Bahn die Unfälle beim Auf- und Absteigen verschwunden. E. A. Maher berichtet, daß im Jahre 1913 in New York 27000 Unfälle durch die Straßenbahnen vorgekommen sind, von denen 38% auf Auf- und Abstieg, 10% auf Niederstöße, 9% auf Zusammenstöße von Straßenbahnwagen untereinander, 27% auf Zusammenstöße mit Fuhrwerken und die restlichen 15% auf verschiedene Ursachen entfallen. Die Fahrbediensteten werden über die Unfallverhütung belehrt und erhalten Prämien, wenn sie in einem Jahre keinen Zusammenstoß hatten; für jede Nachlässigkeit im Dienst werden sie streng bestraft. H. A. Bullock empfiehlt die Bildung von Ausschüssen aus technischen Beamten und Bürgervertretern. Ein solcher Ausschuß sollte über die Einführung von Sicherheitsmaßnahmen beschließen, ein zweiter deren Ausführung überwachen. Alle Entschädigungsansprüche sollten abgewiesen werden, wenn die Unfälle auf Selbstverschulden zurückzuführen sind. — Auf Anregung von Edw. B. Rosa, Physiker des Bureau of Standards, hat letzteres unternommen, Vorschläge zu Sicherheitsvorschriften[17]) für elektrische Anlagen aller Art aufzustellen. Nach umfangreichen Beratungen sollen jetzt die Sicherheitsvorschriften ausführlich ausgearbeitet und zunächst auf ein Jahr probeweise eingeführt werden, um sie dann einer Durchsicht zu unterziehen, ehe sie allen Bundesstaaten zur Einführung empfohlen werden. Ähnlich wie beim VDE soll dauernd ein Ausschuß von 48 Mitgliedern und ein Unterausschuß von 16 Mitgliedern über die Auslegung und Durchführung der Vorschriften wachen. Der Entwurf der Vorschriften umfaßt ungefähr die gleichen Gegenstände wie die Vorschriften des VDE. Diese Vorschriften sollen gelten für alle neuen Anlagen, für Erweiterungen und Ausbesserungen; sie sollen ferner durchgeführt werden in älteren Anlagen, wenn dringende Gefahr vorliegt und wenn die Kosten für die Einführung der vorgeschriebenen Sicherheitsmaßnahmen nicht größer sind wie bei Neuanlagen. Die Behörden sollen bevollmächtigt werden, aus besonderen Gründen auf Antrag Ausnahmen zuzulassen.

**Soziale Fürsorge.** Die Nordöstliche Eisen- und Stahl-Berufsgenossenschaft[18]) hat einen Versuch mit der Beschäftigung berufsverletzter Personen gemacht, um sie wieder an praktische Arbeit zu gewöhnen. Die Verletzten erhalten auf einem Landgut Unterhalt, während ihren Angehörigen die gesetzliche Angehörigenunterstützung wie bei Krankenhausbehandlung zusteht. Während des Aufenthalts auf dem Landgute fällt natürlich die Unfallrente fort; dagegen wird die geleistete Arbeit angemessen bezahlt. Das Gut dient zur Aufnahme von 30 Verletzten. Ihre Beschäftigung besteht in Gartenarbeit.

O. Löhner[19]) berichtete im Auftrage des Staatsministeriums des Innern über die in Bayern durchgeführte Wohnungsfürsorge, die sich einmal auf baupolizeiliche Vorschriften, ferner auf die dauernde Aufsicht über die Wohnungen und endlich auf die Wohnungsbeschaffung für Minderbemittelte erstreckt.

In der Gelbgießerei der Pullmannwerke sind sehr zweckmäßige gesundheitliche Maßnahmen und Arbeiterschutzvorrichtungen eingeführt, über die F. Morell[20]) ausführlich berichtet. Ein besonderer Beamter ist für die Durchführung der Arbeiterfürsorgeeinrichtungen verantwortlich. Die Arbeiter bewahren die ihnen gelieferten Ausrüstungsteile in einem verschließbaren Schrank auf. Für regelmäßige Auswechselung, Waschen und Desinfektion der Geräte ist Sorge getragen. Außerdem wird wöchentlich ½ Stunde Zeit zu einem war-

men Bade ohne Kosten und Lohnabzug gewährt. — Über Arbeit und Ermüdung sind neue Untersuchungen von Ernst Weber[21]) im Kaiser-Wilhelm-Institut für Arbeitsphysiologie unter der Leitung von Rubner angestellt worden. Bei Muskelarbeit tritt eine bestimmte Blutverschiebung im menschlichen Körper ein, die mit einer Steigerung der Herztätigkeit verbunden ist. Bei Ermüdung der Muskeln kehrt jene Blutverschiebung sich um. Die Untersuchungen haben ergeben, daß 1. Gewöhnung den Eintritt der Ermüdung verzögert, 2. kurze Arbeitspausen von 8 bis 10 Minuten, die nach je etwa $1\frac{1}{2}$-stündiger Arbeit zu gewähren sind, die Leistungsfähigkeit des Arbeiters erhöhen können, 3. bei einer Arbeitsleistung, die nicht den ganzen Körper des Arbeiters in Anspruch nimmt, eine Erholung eintritt, wenn jene Arbeit von einer anderen unterbrochen wird, bei der eine frische Muskelgruppe tätig ist.

Einen großen Raum hat im vergangenen Jahre die Erörterung der Fürsorge für Kriegsbeschädigte eingenommen. K. Hartmann[22]) hat auf die technischen Gesichtspunkte, die bei dieser Fürsorge zu beachten sind, hingewiesen. Die Fürsorge für Kriegsbeschädigte ist nicht nur eine Ehrenpflicht des Vaterlandes, sondern auch eine wirtschaftliche und soziale Notwendigkeit von der größten Bedeutung. Die Kriegsbeschädigten müssen befähigt werden, die ihnen gebliebene Arbeitsfähigkeit in vollem Maße auszunutzen; sie bedürfen eines kräftigen Beistandes zur Wiederaufnahme lohnender Arbeit, Beratung bei etwaigem Berufswechsel, Berufsausbildung und Arbeitsbeschaffung. Es ist ein Reichsausschuß gebildet worden, der die wirksamste Ausgestaltung der Fürsorgeausschüsse vorschlagen soll. Zunächst soll die Fürsorge nicht vom Reiche in die Hand genommen, sondern den einzelnen Bundesstaaten zu selbsttätiger Regelung überlassen werden. In Preußen ist sie den Provinzen übertragen und wird hier nicht einheitlich, sondern sehr verschieden geregelt. In Bayern ist die Fürsorge den einzelnen Regierungsbezirken anvertraut. In München ist z. B. ein Sammellazarett für Kriegsbeschädigte aus den Industriearbeitern und in Landshut für solche aus der Landwirtschaft vorhanden. Mit jenem sind die Lehrwerkstätten der Münchener Fachschulen verbunden, während in Landshut die Einrichtungen der landwirtschaftlichen Hochschule nutzbar gemacht sind. Auch mit dem orthopädischen Reservelazarett in Nürnberg sind Werkstätten für Handwerker und Industriearbeiter verbunden. Daneben finden auch freiwillige Kurse in Kurzschrift, Maschinenschreiben, Meisterkurse usw. statt. Für erblindete oder taube Kriegsbeschädigte sind die besonderen Krankenhäuser für Spezialbehandlung in Aussicht genommen. Zu berücksichtigen ist noch, daß die Kriegsbeschädigten, die nicht im Vollbesitz gesunder Glieder sind, im gewerblichen Betriebe durch die ihnen zugewiesene Arbeit weder sich selbst noch andere Mitarbeiter gefährden dürfen. Diese Einrichtungen der Kriegsbeschädigtenfürsorge sollten auch im Frieden für die durch gewerbliche Unfälle beschädigten Arbeiter beibehalten werden. — In der ständigen Ausstellung für Arbeiterwohlfahrt zu Charlottenburg[23]) ist eine Sonderausstellung für künstliche Glieder und Arbeitshilfen vom Reichsamt des Innern eingerichtet worden, in der auch außerordentlich reiches Material über die anderweitige Fürsorge der Kriegsbeschädigten gesammelt ist. Der Ausstellung angegliedert ist die Prüfungsstelle für Ersatzglieder, welche die praktische Verwertbarkeit von Ersatzgliedern zu beurteilen hat.

Für solche Personen, die der Angestelltenversicherung unterliegen[24]) und im Kriege Beschädigungen erlitten haben, wird das Direktorium jener Anstalt die Fürsorge in weitem Umfange unterstützen. Die Berufsberatung und Berufsumlernung kriegsbeschädigter Versicherter soll als ein Teil des Heilverfahrens angesehen werden, deren Kosten, soweit sie nicht von dritter Seite getragen werden, die Versicherungsanstalt übernimmt. Die Berufsberatung und Berufsumlernung soll durch die öffentlich-rechtliche Organisation der Kriegsbeschädigtenfürsorge erfolgen, aber die Versicherungsanstalt trägt einen wesentlichen Teil der Kosten.

**Wohlfahrtseinrichtungen.** Die Österreichischen Skoda-Werke[25]) in Pilsen haben nach dem Vorbilde der Krupp-Aktiengesellschaft in Essen hervorragende Wohlfahrtseinrichtungen für ihr großes Arbeiterpersonal, einen Beamtenwirtschaftsverein, eine Betriebskrankenkasse, einen Unterstützungsfonds für invalide Arbeiter, einen „Hellerfonds“ für die ärztliche Behandlung der Frauen und Kinder und einen Wartegeldfonds für zeitweise Arbeitsunterbrechung geschaffen. Sie haben Unfallrettungsstationen mit reichen Mitteln ausgestattet und einen besonderen Ingenieur für die der Unfallverhütung dienenden Einrichtungen in allen Werkstätten angestellt. Eine Speiseanstalt sorgt für das leibliche Wohl der Arbeiter und ein Konsumverein versorgt die Arbeiterfamilien. — Die Straßenbahngesellschaft in Chicago[26]) hat 100 Hilfsstationen in der Stadt für die erste Behandlung Verletzter eingerichtet. Die Angestellten sind im Gebrauch der Hilfsmittel unterrichtet. Außerdem ist eine sog. Hilfssektion von 6 Mann sorgfältig zur Hilfeleistung ausgebildet und mehrere Notsektionen stehen in Tag- und Nachtdienst zum Eingriff bei schweren Unfällen zur Verfügung. Die Gesellschaft hat auch ein kleines Handbuch für erste Hilfe herausgegeben und verbreitet. — In echt amerikanischer Weise hat die Duquesne Light Co.[26]) einen Wettstreit im Rettungsdienst veranstaltet. Hierbei ist erreicht worden, daß zum Herunterholen eines Verletzten von einem Leitungsmast nur eine Zeit von 40 bis 77's gebraucht wird, und daß zur Anlegung des Dräger-Atmungsapparates „Pulmotor“ eine Zeit von nur 1 bis 2 min ausreicht.

[1]) Die Arbeiterschutzvorschriften im Deutschen Reich. Herausgegeben vom Reichsamt des Innern. Berlin, Carl Heymanns Verlag. — [2]) Soziale Praxis Bd 23, S 657. — [3]) Zentralbl. Gewerbehygiene 1915, S 122. — [4]) Ebenda S 170. — [5]) Ebenda S 194. — [6]) Ebenda S 195. — [7]) Ebenda S 201. — [8]) El. Rlwy. Jl. Bd 45, S 85, 95. — [9]) El. Kraftbetr. 1915, S 297. — [10]) Berufsgenossenschaft d. Feinmech. u. Elektrotechn., Jahresbericht über die Tätigkeit der technischen Aufsichtsbeamten für 1914. — [11]) Schweiz. Bauztg. 1915, S 214. — [12]) Electr. (Ldn.) Bd 76, S 316. — [13]) Electr. (Ldn.) Bd 74, S 521. — [14]) El. Masch.-Bau 1915, S 614. — [15]) El. Rlwy. Jl. Bd 45, S 35; Bd 46, S 430. — [16]) El. World Bd 65, S 845, 915. — [17]) El. Rlwy. Jl. Bd 45, S 750. — [18]) Zentralbl. Gewerbehygiene 1915, S 16. — [19]) Ebenda S 167. — [20]) Sozial-Technik 1915, S 25. — [21]) Concordia 1915, S 31. — [22]) Sozial-Technik 1915, S 117. — Concordia 1915, S 153, 177, 419. — [23]) Sozial-Technik 1915, S 257. — [24]) Concordia 1915, S 391. — [25]) Sozial-Technik 1915, S 109. — [26]) El. World Bd 66, S 1015.

---

## Rechtsverhältnisse der Elektrotechnik.

Von Justizrat Dr. O. Zimmer.

Es wird niemanden wundernehmen, daß im Jahre 1915, welches im vollen Umfange vom Kriege ausgefüllt war, die Rechtsentwicklung auf dem Gebiete der Elektrotechnik noch mehr zurückgeblieben ist als im Jahre vorher. Und doch sind einzelne Ansätze weiteren Ausbaus zu erkennen. Freilich das

### Elektrizitätswegegesetz

hat im abgelaufenen Jahre keine Förderung erfahren. In **Preußen** haben die Staatsbehörden eine Handhabe gefunden, um sich, wenn auch auf Umwegen, einen Einfluß auf die weitere Ausgestaltung der Versorgung mit elektrischem Strom zu sichern. Am 26. Mai 1914 ist ein preußischer Ministerialerlaß erschienen, nach welchem bei Inanspruchnahme von staatlichem Grund und Boden für die Leitungsführung, Bahnkreuzungen usw., außer der Einwilligung derjenigen Behörde, in deren Verwaltung der öffentliche Grund und Boden sich jeweils befindet, auch das Einverständnis des betreffenden Regierungspräsidenten eingeholt werden muß. Dieser soll die Zustimmung aber nur dann erklären, wenn die »allgemeinen Interessen« zur Geltung gebracht sind. Die »allgemeinen

Interessen« sind im Erlaß nicht weiter definiert, aus der Praxis hat sich aber ergeben, daß vom Regierungspräsidenten je nach Lage des Falls verlangt wird: die Festlegung eines bestimmten Gebiets, über welches hinaus das Elektrizitätswerk gegen Festsetzung einer Vertragsstrafe die Versorgung mit elektrischem Strom nicht erstrecken darf; bei kommunalen Werken ein Mitbestimmungsrecht der Regierung, falls das Werk an Private verpachtet, oder falls Private an dem Werk ein Mitbestimmungsrecht gewährt werden soll; Verzicht auf jede Art von Lieferungs- und Installationsmonopolen; Übernahme der Verpflichtung, die Tarife durch die Regierung revidieren zu lassen, und weiterhin der Verpflichtung zur ev. Herabsetzung der Strompreise. Diese Verfügung wird von Männern der Praxis[1]) sowohl bezüglich ihrer rechtlichen Grundlage, wie auch bezüglich ihrer wirtschaftlichen Zweckmäßigkeit heftig befehdet; bis zum Erlaß des Elektrizitätswegegesetzes, in welchem der Staat sich voraussichtlich gesetzlich eine Einflußnahme in der angedeuteten Richtung zu sichern suchen wird, dürfte sich kaum eine Handhabe bieten, um den Staat zu verhindern, wenigstens in den Fällen, wo staatliches Gelände in Anspruch genommen werden soll, sich vertragsmäßig die der Behörde im einzelnen Fall notwendig erscheinenden Mitbestimmungsrechte auszubedingen.

In **Österreich,** wo noch vor Beginn des Krieges ein Gesetzentwurf zur Vorlage gebracht worden ist, hat sich an ihn gleichfalls eine sehr lebhafte Auseinandersetzung angeknüpft. In Übereinstimmung mit einer Eingabe der Vereinigung österreichischer und ungarischer Elektrizitätswerke lehnen die meisten in den technischen Zeitschriften zu Worte kommenden Männer der Praxis[2]) das Gesetz in vollem Umfange ab, nur bezüglich der Stellung der Gemeinden im genannten Entwurf wird anerkannt[3]), daß sie sich im Gegensatz zur Privatindustrie über ihre Behandlung zu beklagen keinen Anlaß haben. Ein Verteidiger ist dem Entwurf nur in der Person des Amtsgerichtsrates Coermann[4]) in Straßburg erstanden.

Betreffs **Norwegen** hat Norberg-Schulz[5]) eine Übersicht über den Stand der Gesetzgebung und die weiteren gesetzgeberischen Vorarbeiten gegeben: Zum Wasserkraftgesetz vom 18. 9. 1909 ist ein Entwurf eines Abänderungsgesetzes ausgearbeitet. Eine am 30. 12. 1909 eingesetzte Wassergesetzkommission ist an der Arbeit zur Revision des Wassergesetzes vom 1. 7. 1887. Zum Wasserregulierungsgesetz vom 4. 8. 1911 hat die Regierung einen neuen Vorschlag am 16. 4. 1915 vorgelegt. Endlich hat die Wasserfallkommission einen Bericht über die Frage der Ausnutzung der staatlichen Wasserkräfte erstattet.

Im Anschluß an einen vom Ing. Uytborck in der belgischen Gesellschaft gehaltenen Vortrag bringt Rinkel-Köln[6]) einen Aufsatz über die Verteilung elektrischer Energie in den verschiedenen Ländern: England, Deutschland, Frankreich, Italien, Spanien, Schweden, Norwegen, Rußland, Portugal, Rumänien, Japan, Argentinien, Kanada, Holland und Belgien.

## Elektrizitätswerke.

Einen erfreulichen und nunmehr wohl endgültigen Abschluß haben die sehr zahlreichen Erörterungen[7]) über die rechtliche Beurteilung des Leitungsnetzes im Verhältnis zum Elektrizitätswerk gefunden. Es ist jetzt allseitig anerkanntes Recht, daß die Leitungen nicht wesentliche Bestandteile des Werkes sind. Sie bilden vielmehr mit dem Werk nur eine wirtschaftliche Sachgesamtheit, die einzelnen Bestandteile dieser Sachgesamtheit büßen durch ihre Zusammengehörigkeit ihre selbständige Sacheigenschaft nicht ein und können daher ihre verschiedenen rechtlichen Schicksale haben. Besondere Hervorhebung verdient das Urteil des Reichsgerichts vom 2. Juni 1915[8]) und ein zweites vom 5. März 1915[9]), welches die entsprechende Entscheidung bezüglich der Gasleitungsrohre in ihrem Verhältnis zur Gasanstalt gibt.

Für das Rechtsverhältnis der Elektrizitätswerke zu den Gemeinden und den Stromabnehmern sind folgende Einzelentscheidungen von Interesse:

Ein Überlandwerk verlangte in seinen Stromlieferungsbedingungen, daß die Abnehmer Sicherungen, Schalter und Motoren vom Werk beziehen, welches seinerseits diese Fabrikate von drei großen Elektrizitätsfirmen bezog. Dagegen verlangten andere, vom Werke nicht zur Lieferung herangezogene Elektrizitätsfirmen im Wege der Klage die Feststellung, daß diese Forderung der Stromlieferungsbedingungen unzulässig sei, weil sie gegen § 823 Abs. 1 BGB., §§ 1 u. 10 Gew.-Ord. in Verbindung mit § 823 Abs. 2 BGB. verstoße und § 1 des Ges. gegen den unlauteren Wettbewerb und § 826 BGB. verletze. Das Oberlandesgericht hat unter Bestätigung des Reichsgerichts (RS. 19. 10. 14, VI. 94/14) die Klage abgewiesen. Im wirtschaftlichen Kampf vorgenommene Handlungen verstoßen nur dann gegen die guten Sitten, wenn die Kampfmittel unlauter sind und den wirtschaftlichen Ruin eines anderen herbeizuführen beabsichtigen. Daß durch die Bestimmung der Lieferungsbedingungen der wirtschaftliche Ruin der Kläger herbeigeführt werden solle, ist nicht dargetan. Solche Monopolgründungen sind ebensowenig unerlaubt wie Kartellgründungen.[10])

Die JB 1914 S 17/18 behandelte Frage der Behandlung der Stromlieferungsforderung im Konkurse des Abnehmers ist durch ein neuerliches Urteil des Kammergerichts vom 29. Mai 1914 zugunsten des Elektrizitätswerkes entschieden.[16]) Das Gericht erklärt, die Stadtgemeinde betreibe mit dem Elektrizitätswerk ein privatgewerbliches Unternehmen. Ein Abschließungszwang bestehe für die Stadt nicht. Es handle sich bei dem Stromlieferungsvertrag um einen Sukzessivlieferungsvertrag, einen Vertrag von rechtlich unteilbarer Natur auf unbestimmte Zeit, der nach dem von vornherein erklärten Willen der Vertragschließenden so lange gelten soll, bis er durch Kündigung zur Auflösung gebracht werden wird. Der Konkursverwalter will also in Wirklichkeit keinen neuen Vertrag, sondern nur die Fortsetzung des früheren. Indem die Stadt demgegenüber beansprucht, so gestellt zu werden, wie sie stehen würde, wenn der Konkursverwalter sich für die Erfüllung des von Gemeindeschuldnern abgeschlossenen Vertrages entschieden hätte, verfolgt sie ein berechtigtes Interesse, sie verstößt also nicht gegen Treu und Glauben.

Der bayerische Verwaltungsgerichtshof erklärt[12]), daß die Benutzung eines gemeindlichen Elektrizitätswerkes, soweit es die gemeindlichen Satzungen in zulässiger Weise nicht anders regeln, öffentlich rechtlich innerhalb des Gemeindebezirkes jedem örtlich Beteiligten zusteht, der die rechtsgültigen Satzungsbestimmungen erfüllt; der Umstand, daß ein Vorgänger des die Benutzung Beanspruchenden — es handelte sich um den Besitzvorgänger im Anwesen, nicht etwa um einen Gemeindeschuldner — mit Zahlungen an das Werk im Rückstande ist, kann die Verweigerung des Anschlusses nicht rechtfertigen.

Der bayerische I. Verwaltungsrechtliche Senat der Regierung von Oberbayern versagt in der Entscheidung vom 19. Juni 1913 dem Elektrizitätswerk das Recht, die vor Eröffnung des Konkurses aufgelaufene Strompreisforderung als Masseforderung zu beanspruchen.[13])

Peinliche Verhandlungen pflegen sich zwischen dem Elektrizitätswerk und dem Stromabnehmer zu entwickeln, wenn sich herausstellt, daß der Zähler unrichtig zeigt. Über die rechtlichen Grundsätze, die bei Beurteilung der sich daraus ergebenden Streitigkeiten anzuwenden sind, schreibt Eckstein[14]) in einem kurzen Aufsatz „Meßfehler bei elektrischen Lieferungen".

Die Frage, ob die Gläubiger eines Stromabnehmers die von ihm aus Anlaß des Stromlieferungsvertrages beim Elektrizitätswerk hinterlegte Sicherheit für ihren Zugriff dadurch frei machen können, daß sie sich durch das Vollstreckungsgericht das Recht, den Stromlieferungsvertrag kündigen zu dürfen, pfänden und überweisen zu lassen, wird von Lehr bejaht[15]), in einer Entgegnung mit gewichtigen Gründen dagegen verneint.[16])

Ein von einer Gemeinde abgeschlossener, die Gemeinde in der Benutzung ihrer Straßen und Plätze für eine lange Zeit einengender Vertrag wegen öffentlicher Beleuchtung ist Sache besonderen Vertrauens, und es sind daher die Rechte aus solchem Vertrage nicht ohne Genehmigung der Gemeinde abtretbar.[17])

Nach dem Konzessionsvertrage stand der Stadt das Recht zu, nach 20 Jahren das Elektrizitätswerk zu übernehmen gegen Zahlung eines Betrages, der von Sachverständigen als Wert der Gesamtanlage ermittelt werden würde. Bei Festsetzung dieses Wertes wurde durch die Sachverständigen auch der Wert der Hausanschlüsse, die nicht mit in das Eigentum der Stadt übergingen, berücksichtigt. Das Oberlandesgericht Rostock[18]) erklärte diese Berechnungsweise für richtig, da nach dem Vertrage der Wert der Gesamtanlage als eines zusammenhängenden, betriebsfähigen Werkes zu schätzen sei, ein Elektrizitätswerk ohne Anschlüsse aber nicht betriebsfähig sei.

Eine in der Praxis seltene Anwendung des § 905 BGB. hat das Oberlandesgericht Kiel[19]) zugelassen, indem es einem Müller, der auf seinem Grundstück Elektrizität erzeugte, gestattete, über die Straße nach einem gegenüberliegenden Anwesen seines Teilhabers an der Mühle in 11 m Höhe und 1½ m über dem Draht der Fernsprechleitung, diesen kreuzend, einen Leitungsdraht zu spannen, indem es annahm, daß die Stadt als Eigentümerin der Straße im vorliegenden Falle kein Interesse an der Ausschließung des Eingriffs in ihr Eigentumsrecht habe.

**Steuerrechtliche Entscheidungen.** Die im vorjährigen Bericht nur auf Grund von Mitteilungen aus der Tagespresse erwähnte Entscheidung über die Stempelfreiheit der Stromlieferungsverträge in Preußen ist inzwischen in ihrem Wortlaut veröffentlicht worden[20]). Bei Berechnung des Stempels für den Verkauf eines Elektrizitätswerkes gelten Dampfkessel, die in dem Fabrikgebäude auf ihrer Unterlage ohne weitere Verbindung nur mit ihrem Eigengewicht ruhen, als bewegliche Sachen auch dann, wenn sie auf drei Seiten von Mauern umgeben sind. Denn diese dienen nicht zur Befestigung der Kessel, sondern nur zum Zusammenhalten der Wärme in den Kesseln. Darauf, ob die Kessel einen Bestandteil des Elektrizitätswerkes bilden, kommt es nicht an, sondern nur, ob sie Bestandteile des veräußerten Fabrikgebäudes sind.[21])

Das von einer Gemeinde betriebene Elektrizitätswerk ist ein privatwirtschaftliches, mit Absicht auf Gewinnerzielung betriebenes Unternehmen. Durch den gemeinnützigen, zur Förderung der Volkswirtschaft geeigneten Zweck des Unternehmens, nämlich die Beschaffung billiger Energie für die Verbandsgenossen, wird die Absicht der Gewinnerzielung nicht ausgeschlossen. Das Unternehmen ist daher regelmäßig gewerbesteuerpflichtig.[22])

**Österreich. Steuerrecht.** Die Aufteilung der gemeinsamen Auslagen eines städtischen Gas- und Elektrizitätswerkes auf die von der Gemeinde selbst abgenommene und auf die an Private abgesetzte Menge hat nach dem Verbrauchsschlüssel zu geschehen, ohne daß eine Anhörung von Sachverständigen erforderlich wäre.[23]) Beim Ankauf eines bereits bestehenden Elektrizitätswerkes durch eine Gemeinde für die öffentliche Straßenbeleuchtung und zur Abgabe von Strom an Private ist der Kaufpreis nach Maßgabe des tatsächlichen Stromverbrauchs für öffentliche und private Zwecke aufzuteilen; danach ist der nach dem Gesetz steuerfrei zu belassende Teil des Kaufpreises zu berechnen.[24])

**Haftpflicht.** Das Elektrizitätswerk, dessen Beamten die von einem Installateur ausgeführte Anlage geprüft und abgenommen haben, haftet für den Schaden, der durch unbemerkt gebliebene Mängel der Anlage entstanden ist. Im Einzelfalle hatte der Nullleiter gefehlt.[25]) Ein Elektrizitätswerk, das vor dem Schaufenster eines Kaufmannes eine elektrische Lampe angebracht und später repariert hatte, wurde für den Schaden, der durch Herabfallen der Lampe entstand, verantwortlich gemacht, weil es bei Befestigung der Lampe und bei der Auswahl des die Ausbesserung ausführenden Angestellten und dessen Beaufsichtigung nicht die genügende Vorsicht hatte walten lassen.[26]) Einen hübschen kleinen Aufsatz über die Haftpflicht bei Elektrizitätsleitungen hat Coermann[27]) veröffentlicht. Die Erörterung erstreckt sich auf die Haftpflicht des Elektrizitätswerkes beim Bau der Leitungen, bei unvorsichtigem Einschalten des Stromes in Neuanlagen und nach Vornahme von Ausbesserungen, bei Bruch eines Leitungsmastes und bei Drahtbrüchen, sowie beim Ausreißen von Hausrosetten und anderen

an Häusern angebrachten Stützen, endlich auch bei Unterbringung von Schalttafeln usw. in Anschlagsäulen.[28])

**Diebstahl von elektrischem Strom.** Wer elektrischen Strom, der ihm vertragsmäßig für Kraftzwecke geliefert wird, bedingungswidrig für Beleuchtungszwecke verwendet, überschreitet damit die Schranken seines Verfügungsrechts und greift insofern in eine fremde Rechtssphäre ein, er entwendet elektrische Energie.[29]) Die Strafandrohung des § 1 des Ges. v. 9. April 1900 ist auch dann anwendbar, wenn die Entziehung der elektrischen Arbeit nicht zugunsten des Entziehenden, sondern eines Dritten erfolgt.[30])

**Elektrische Bahnen. Haftpflicht.** Die Anlage eines Straßenbahngleises, nur $\frac{1}{2}$ m von der Bordschwelle des 2 m breiten Bürgersteiges, enthält bei lebhaftem Personenverkehr in der Straße eine derartige Erhöhung der Betriebsgefahr, daß das Gericht $\frac{3}{4}$ der Schadensfolge trotz festgestellter nicht genügender Aufmerksamkeit des Verletzten der Bahn auferlegte.[31]) Die Gewährung eines Warteraumes durch die Straßenbahn ist nach der Verkehrssitte als ein Teil der der Bahn auf Grund des Beförderungsvertrages obliegenden Leistung anzusehen. Daraus ergibt sich die Vertragspflicht der Bahn, dafür einzustehen, daß der Fahrgast die in dem Warteraum befindlichen Einrichtungsgegenstände ohne Gefahr benutzen kann.[32])

**Österreichische Rechtsprechung.** Wer es unterläßt, beim Anfahren eines elektrischen Straßenbahnwagens durch Einnahme einer entsprechenden Körperhaltung oder Zuhilfenahme einer Stütze den Stoß des Wagens zu parieren und dadurch Schaden erleidet, den trifft ein eigenes Verschulden und die Haftung der Bahn ist ausgeschlossen.[33]) Das österreichische Haftpflichtgesetz hat den besonderen Begriff der Verkehrsereignung gebildet, für welche die Straßenbahnunternehmung aufzukommen hat. Ein Ereignis, das als Verkehrsereignung angesehen werden soll, muß etwas Außergewöhnliches, von der Norm Abweichendes darstellen. Die mit dem Straßenbahnverkehr notwendig oder doch regelmäßig verbundenen Stöße und Rückstöße bilden keine Verkehrsereignung.[34])

**Gewerbliche Schutzrechte.** Die von den einzelnen Ländern aus Anlaß des Krieges erlassenen Bekanntmachungen über die gewerblichen Schutzrechte sind in der ETZ zusammengestellt.[35])

Aus dem Gebiete des **Fernsprecherrechts** der Reichspost möge noch die Entscheidung des Reichsgerichts erwähnt werden, mit welcher die Schadensersatzansprüche des Rechtsanwalts P. abgewiesen wurden. Dieser hatte sich wiederholt Beleidigungen gegen die seinen Apparat bedienenden Telephonistinnen zuschulden kommen lassen. Der Anschluß wurde ihm darauf gesperrt, später aber doch wieder gewährt. Seine gegen die Reichspost erhobenen Schadensersatzansprüche wurden abgelehnt, weil, wer durch sein Verhalten schon im voraus zu erkennen gebe, daß er sich den allgemeinen Anschlußbedingungen (anständiges Benehmen den Beamten gegenüber) nicht fügen wolle, einen Anschluß bzw. Wiederanschluß nicht fordern könne.[36])

[1]) Mitt. Ver. EW. 1915, S 80 u. Gutachten dazu von Dr. Pasquay S 82; Schmidt-Gröba S 106; Ergänzung von Dr. Pasquay S 108; Niederschles. El. u. Kl. Bahn A.-G. S 145; Nachtrag von Dr. Pasquay S 147; R. W. E. Essen S 233; Fr. Schmidt S 237; Glasneck-Waldenburg S 238 u. 265; Schmidt-Gröba S 266 und R. W. E. Essen S 267. — [2]) Schreiber, Das Elektrizitätswegegesetz u. d. Grundeigentum, besprochen El. Masch.-Bau 1915, S 346. — Schreiber, Das besondere Schadensrecht für elektr. Anlagen nach dem Elektrizitätswegegesetz, bespr. El. Masch.-Bau 1915, S 419. — Schreiber, Das Einlösungsrecht im Elektrizitätsgesetz-Entwurf u. die Frage der Elektrizitätsbücher, El. Masch.-Bau 1915. S 158, 169. — Schreiber, Der Zusammenhang zwischen Einlösungs- u. Konzessionsrecht nach dem Elektrizitätsgesetz-Entwurf, Rundschau f. Techn. u. Wirtsch., Prag 1915, Heft 5/6, bespr. El. Masch.-Bau 1915, S 263. — Stoeger, Der Elektrizitätsgesetz-Entwurf u. die Einführung des Begriffs „elektrische Energie" in die Gesetzgebung, El. Masch.-Bau 1915, S 23. — v. Winkler, Kann die Industrie das neue Elektrizitätsgesetz annehmen? El. Masch.-Bau 1915, S 179, 191. — H. Zimmermann, Zeitschr. Ver. österr. Ing. u. Archit. 1915, Heft 27 u. 28. — [3]) Schreiber, Wasser-

wirtschaft, Wien 1915, Heft 3, bespr. in El. Masch.-Bau 1915, S 150. — [4]) Coermann, El. Kraftbetr. 1915, S 292. — [5]) Norberg-Schulz, ETZ 1915, S 317. — [6]) Rinkel, ETZ 1915, S 344. — [7]) Thierbach, Die Rechtsverhältnisse an Leitungsnetzen, Berlin, Springer, 1915. – Eckstein, Wann werden elektrische Gas- u. ähnliche Anlagen Gebäudebestandteile? Z. Beleucht. 1915, S 10. — El. Anz. 1915, S 268. — Eckstein, Leitungsnetz, Eigentumsrecht u. Hypothekenhaftung, Dinglers Polyt. Jl. 1915, S 307. — Ob.L.G. Stuttgart 6. 6. 14 (III U. 864/13), El. Kraftbetr. 1915, S 24. — R.G. 12. 3. 1913, Jur. Woch. 1914, S 586. — [8]) R.G. 2. 6. 15 (V. 19/15), Das Recht 1915, Nr. 1709. — El. Kraftbetr. 1915, S 362. — El. Anz. 1915, S 674. — [9]) R.G. 5. 3. 15 (VII. 17/15), Jur. Woch. 1915, S 569. — [10]) El. Kraftbetr. 1915, S 71 u. nochmals ausführlich S 108. — [11]) Mitt. Ver. EW. 1915, S 22. — [12]) El. Kraftbetr. 1915, S 363. — [13]) ETZ 1915, S 105. — [14]) ETZ 1915, S 79. — [15]) Mitt. Ver. EW. 1915, S 57. — [16]) Mitt. Ver. EW. 1915, S 135. — [17]) El. Kraftbetr. 1915, S 84. — JB 1914, S 18 u. Anm. 23. — [18]) Ob.L.G. Rostock 21. 5. 13 (Rechtspr. d. O.L.G. 1915, Bd I, S 321), El. Kraftbetr. 1915, S 288. — [19]) ETZ 1915, S 684; Ob.L.G. Kiel 17. 6. 15, U. I 87/14. — [20]) Mitt. Ver. EW. 1915, S 19. — El. Kraftbetr. 1915, S 120. — Jur. Woch. 1915, S 150. — [21]) R.G. 6. 11. 14 (VII. 242/14), Entsch. R.G. Bd 63, S 67. — El. Kraftbetr. 1915, S 264. — [22]) Urteile des Württ. Verw.G.H. 28. 1. 14; ETZ 1915, S 517. — [23]) Urt. Verw.Ger.H. 7. 1. 1915 (Z. 12764 ex. 1914); El. Masch.-Bau 1915, S 263. — [24]) Urt. Verw.G.H. 25. 2. 1915 (Z. 1375); El. Masch.-Bau 1915, S 264. — [25]) R.G. VII. 311/14; ETZ 1915, S 406. — El. Kraftbetr. 1915, S 120. — [26]) R.G. 8. 3. 15; El. Kraftbetr. 1915, S 154. — [27]) El. Kraftbetr. 1915, S 148. — [28]) Mitt. Ver. EW. 1915, S 59. — JB 1914, S 18, Anm. 28. — [29]) R.G.-Entsch. in Strafs. Bd 45, S 230 v. 6. 4. 14 (III. 106/14); ETZ 1915, S 629. — El. Kraftbetr. 1915, S 23. — R.G. v. 8. 4. 14 (III D 6/14), El. Kraftbetr. 1915, S 23. — [30]) El. Kraftbetr. 1915, S 34; R.G. 14. 12. 14 (5. D 775/14). — [31]) El. Kraftbetr. 1915, S 47 u. nochmals S 287; R.G. 17. 12. 14 (VI. 422/14). — [32]) R.G. 2. 2. 15 (III. 423/14), Das Recht 1915, Nr. 857. — El. Kraftbetr. 1915, S 178 u. nochmals S 362. — [33]) Österr. Ob.Ger.H. 12. 9. 11; Eger, Eisenb. Ent. u. Abh. Bd 30, S 447. — El. Kraftbetr. 1915, S 21. — [34]) Österr. Ob. Ger.H. Röll. Eis. Entsch. Bd 25, S 202. — El. Kraftbetr. 1915, S 21. — [35]) ETZ 1915, S 43. 418, 586. — [36]) R.G. 9. 3. 15 (III. 523/14); El. Kraftbetr. 1915, S 154 u. nochmals S 264.

---

## Technisch-Wirtschaftliches.

Von Dr. F. Fasolt.

**Öffentliche Elektrizitätsversorgung.** Das bedeutsamste Ereignis des Berichtsjahres ist die Übernahme der Berliner Elektrizitätswerke in städtische Verwaltung (vgl. auch S. 73) durch Beschluß der Stadtverordnetenversammlung vom 18. April 1915. Nachdem der bisher geltende Vertrag von 1899 im Jahre 1913 zum 1. Oktober 1915 gekündigt war, blieben zunächst die Verhandlungen zum Zweck der Fortsetzung des Vertragsverhältnisses ergebnislos. Die im Juni 1914 von der Magistratskommission dem Magistrat vorgelegten Verträge über 1. Umgestaltung der Berliner Elektrizitätswerke in ein gemischt-wirtschaftliches Unternehmen, 2. einen Stromlieferungsvertrag und 3. einen Vertrag, um das Rechtsverhältnis zwischen den Berliner Elektrizitätswerken und der AEG auf eine neue Grundlage zu stellen, wurden nicht genehmigt, da der Stromlieferungsvertrag als noch nicht spruchreif angesehen wurde. Die Magistratsvorlage[1]) gibt eine Entwicklungsgeschichte der BEW. Am 16. Februar 1915 waren die BEW von dem angebotenen Stromlieferungsvertrag zurückgetreten, hatten sich aber bereit erklärt, den bestehenden Vertrag auf 6 Jahre zu verlängern. Darauf ging ihrerseits die Stadt nicht ein, und so blieb nichts anderes übrig, als nach Ablauf der Kündigung am 1. Oktober 1915 die BEW in städtische Verwaltung zu übernehmen. Die Verstadtlichung der BEW ist vollzogen worden, ohne daß die grundsätzlichen Fragen, ob privater Konzessionsbetrieb, gemischt-wirtschaftlicher oder städtischer Betrieb vorzuziehen sei, in den Stadtverordnetenkollegien erörtert worden wären. Um so lebhafter wurden sie, wie wir schon im vorjährigen Bericht erwähnt haben, in der Tages- und

Fachpresse behandelt. Einen ausführlichen Überblick über die Vorgänge, Vertragsentwürfe und Verhandlungen sowie über die Abhandlungen der Tagespresse gibt G. Soberski[2]).

Mit der Frage der künftigen Elektrizitätsversorgung von Großberlin, ihrer Rentabilität und den dabei möglichen Strompreisen beschäftigen sich die Gelegenheitsschriften von Werner[3]), Volz[4]) und Thierbach[5]). Der Erstgenannte gibt auf der Grundlage der bisherigen Erfahrungen eine planmäßige Übersicht über die Entwicklung des Elektrizitätsverbrauchs bis zum Jahre 1920 bei entsprechender Tarifgestaltung, sowie über die daraus sich ergebenden Anlage- und Betriebskosten sowie die Rentabilität. — Die in der Nähe von Bitterfeld an den dortigen Braunkohlenlagern errichteten Elektrowerke A.-G. schlossen mit den Bayerischen Stickstoffwerken A.-G. einen Vertrag auf jährliche Lieferung von 500 Mill. kWh, was als Anlaß zum Abbruch der Verhandlungen mit der Stadt Berlin diente[6]).

Schiff[7]) erörtert die Frage öffentlicher Betrieb- und Konzessionswirtschaft, sowie die Hauptmängel der Konzessionsverträge. Hans Ludewig hat ihm entgegnet und Schiff hat eine Replik daran angefügt. Eine Schrift von Hans Ludewig[8]) über die Elektrizitätswerke in öffentlicher und privater Verwaltung wurde in den Mitteilungen der Vereinigung der Elektrizitätswerke von Laudien, A. Peucker, Döpke und Overmann[9]) einer scharfen ablehnenden Kritik unterzogen. — Das Verhältnis zwischen der AEG und den BEW beleuchtet Schiff[10]); er unterzieht die Abhängigkeit der BEW von der AEG, ihre Abschlußpolitik, d. h. die Vernachlässigung der Abschreibungen und Reserven einer scharfen Kritik und fordert eine Änderung des Verhältnisses der beiden Gesellschaften zu einander. — Edmund Harms[11]) sieht die gemischt-wirtschaftliche Unternehmung für eine geeignete Betriebsform an, wenn es gilt, einen sonst schwer zu gewinnenden Konzessionsinhaber zur Beteiligung an einem Unternehmen zu gewinnen oder für die Errichtung großer interkommunaler Werke, während er sonst den reinen Gemeindebetrieb vorzieht. — Zur Verstaatlichung der Elektrizitätsversorgung nimmt Gustav Siegel[12]) Stellung. Er gibt einen statistischen Überblick über die in Deutschland bestehenden Verhältnisse in der Elektrizitätsversorgung. Den Reinüberschuß eines staatlichen Elektrizitätsmonopols schätzt er auf 37, später 60 und 90 Mill. M. Einem Stromerzeugungsmonopol der Bundesstaaten steht Siegel nicht unfreundlich gegenüber, bekämpft aber ein Verteilungsmonopol. Dagegen verlangt Laudien[14]) im Interesse der Kleingewerbetreibenden gerade die Verstaatlichung auch der Elektrizitätsverteilung, während Thierbach[15]) glaubt, daß die volle Elektrisierung der Provinz Ostpreußen eine günstige Gelegenheit biete, mit dem staatlichen Elektrizitätsversorgungsmonopol auf genügend breiter Grundlage Versuche durchzuführen. — Die Elektrizitätsversorgung Ostpreußens wurde auch sonst lebhaft erörtert[15]).

Im Königreich Sachsen gab der betriebliche Zusammenschluß innerhalb des Verbandes der im Gemeindebesitz befindlichen Elektrizitätswerke Sachsens[16]) dem Ministerium Veranlassung, sich in einem Erlaß vom 25. Oktober 1915 prinzipiell für die Verstaatlichung der Elektrizitätsversorgung zu erklären, ein Standpunkt, an dem dann auch die Thronrede bei der Eröffnung des Landtages festgehalten hat[17]). — Zur einheitlichen Stromversorgung des rechtsrheinischen Bayerns aus dem staatlichen Walchenseekraftwerk soll nach einem Bericht des Ministeriums des Innern eine Aktiengesellschaft „Bayernwerk" mit einem Aktienkapital von 31 Millionen Mark gebildet werden, die gleichzeitig auch dem organisatorischen Zusammenschluß der bestehenden Kraftwerke dienen soll. Als Gesellschafter können beitreten der Staat, Elektrizitätswerke, Gemeinden und solche Firmen, die sich am Ausbau des Netzes beteiligen[18]). — In einer Schrift über das Murgkraftwerk erhebt Hans Schutzer[19]) die schon bei der Verstaatlichung der Eisenbahnen vorgebrachten Einwendungen gegen den Staatsbetrieb und tritt für ein gemischt-wirtschaftliches Unternehmen auch aus dem Grunde ein, weil er glaubt, es wäre so leichter eine Beteiligung des benachbarten württembergischen Gebiets zu erreichen ge-

wesen. — Im Großherzogtum Mecklenburg-Schwerin wurde der A.G. „Siemens Elektrische Betriebe“ die Genehmigung zur Versorgung des Westens des Großherzogtums und den Städtischen Elektrizitätswerken und Überlandzentrale Rostock (Betrieb der AEG) zur Versorgung des Ostens mit elektrischem Strom erteilt[20]. — Die Zahl der in der öffentlichen Elektrizitätsversorgung Deutschlands beschäftigten Personen berechnet Fasolt[21] auf etwa 35000. Er schließt daraus, daß die Menge dieser Personen einer Übernahme des Betriebes öffentlicher Elektrizitätswerke in gemeindliche oder staatliche Regie keinerlei Schwierigkeiten politischer Art bereiten kann.

**Erzeugung und Ausfuhr.** Die Schwierigkeiten, welche insbesondere für die elektrotechnische Großindustrie beim Übergang von der Friedens- zur Kriegswirtschaft entstanden sind, schildert Paul H. Perls[22]. Es ist der Industrie gelungen, sich dem um die Ausfuhr verminderten Bedarf anzupassen, ohne umfangreiche Entlassungen von Arbeitern und Angestellten vornehmen zu müssen, was vor allem auch durch die Übernahme großer Kriegslieferungen ermöglicht wurde. — Die Verschärfung der Beschlagnahme von Kupfer und Kupferlegierungen durch die Verfügung M. 1. 4. 15 K. R. A., sowie die Beschlagnahme von Baumwolle und Baumwollgarnen zwangen zu weiteren Versuchen, Ersatzstoffe zu finden und anzuwenden, die auch im allgemeinen durchaus günstig ausfielen. — Die unter Verwendung von Ersatzstoffen hergestellten elektrotechnischen Erzeugnisse stehen den Erzeugnissen in Friedensausführung an Güte nicht oder nur unwesentlich nach, so daß sie nicht nur im Inland, sondern in steigendem Umfange auch im neutralen Ausland gekauft werden. Infolgedessen hat sich das Ausfuhrgeschäft trotz der Schwierigkeiten bei der Ausfuhr von elektrotechnischen Erzeugnissen, welche Sparmetalle enthalten, recht befriedigend entwickelt. Es ließe sich noch erheblich steigern, wenn die mit der Einholung der Ausfuhrbewilligungen verbundenen Formalitäten und Zeitverluste wesentlich gemildert werden könnten. Über die Gestaltung der deutschen Ausfuhr im Jahre 1915 liegen keine Nachweise vor, da seit Beginn des Krieges die amtliche Handelsstatistik nicht mehr veröffentlicht wird. Das gleiche gilt von der amtlichen Leuchtmittelsteuerstatistik, welche stets recht lehrreiche Einblicke in die deutsche Leuchtmittelindustrie gestattete. — Die Verwertung der in Deutschland vorhandenen verfügbaren elektrischen Maschinen für die Kriegswirtschaft wurde durch eine Bestandserhebung für elektrische Maschinen in die Wege geleitet[23].

Die Bemühungen des feindlichen und neutralen Auslandes, die Ausfuhrschwierigkeiten der deutschen Industrie zu benutzen, um ihre eigenen Absatzgebiete auszudehnen, dürften auf die Dauer, insbesondere auch auf dem Gebiete der elektrotechnischen Industrie, keinen allzu großen, nachhaltigen Erfolg haben. Die elektrotechnischen Industrien des feindlichen Auslandes haben sich selbst in den Dienst der Kriegswirtschaft ihres Landes stellen müssen, kommen daher für den internationalen Wettbewerb zurzeit weniger als sonst in Frage. Im neutralen Ausland haben sich zwar bestehende Betriebe erweitert und sind neue Unternehmungen entstanden, es fehlt ihnen jedoch zumeist der große aufnahmefähige Innenmarkt, der eine der wichtigsten Voraussetzungen für eine leistungsfähige Exportindustrie bildet. Nach Beendigung des Krieges ist ein neuer Aufschwung des deutschen Außenhandels mit Sicherheit zu erwarten[24].

In Österreich hat, nach einem Bericht zu Beginn des Jahres 1915, der sich wohl in der Hauptsache noch auf 1914 bezieht, die Ausfuhr nach den Balkanländern während des Krieges aufgehört, Überlandzentralen wurden in geringem Umfange gebaut, die meisten und wichtigsten Projekte sind abgebrochen. Auch der Zuwachs an Anschlüssen bleibt aus. Größerer Bedarf an Motoren bedingte wegen der hohen Materialpreise höhere Preise. Die für den Heeresbedarf arbeitenden Industrien organisierten ihren Betrieb um und erteilten zahlreiche Aufträge auf dem eigentlichen Arbeitsgebiet der elektrotechnischen Industrie, aber auch viele Fabriken gingen zu direkten Kriegslieferungen über. Die Zahlweise ist, auch abgesehen vom Moratorium, verschlechtert[25].

Auch in der Schweiz hat im Anfang nach Ausbruch des Krieges das Ausfuhrgeschäft gestockt. Nachdem es wieder aufgenommen und die Nachfrage gestiegen war, macht die Beschaffung der Rohstoffe und das Hereinbringen ausländischer Zahlungen ins Land Schwierigkeiten[26]).

Die englische elektrische Industrie blieb nicht bloß wegen der Schädigung durch das Elektrizitätsgesetz von 1882, sondern auch deshalb zurück, weil der innere Markt der übrigen Industrie, ihrer Hauptabnehmerin, wegen des Klebens an alten Maschinen sich nicht so rasch entwickelte wie der deutsche und amerikanische. Eine Erleichterung kann der Ausfuhrindustrie der Krieg für die Kolonien bringen und dann auch die Kapitalbeschaffung fördern, in den deutschen und amerikanischen Markt wird sie aber nicht einzudringen vermögen, wie sie auch in den übrigen Gebieten außer den Kolonien auf dem Weltmarkt die deutsche Industrie nicht auf die Dauer wird verdrängen können[27]).

Nach einem englischen Stimmungsbericht[25]) wird selbst von den Engländern die Eroberung des bisher von Deutschland versorgten Auslandsmarktes für die englische Industrie nicht für unmöglich, doch für außerordentlich schwer gehalten. Die Schuld dieser Schwierigkeiten wird auf die ungenügende Ausbildung der englischen Ingenieure, die zersplitterte Organisation der englischen Industrie, die mangelnde Unterstützung der Industrie durch die Banken, die Rückständigkeit des Propagandawesens und der Geschäftsreisenden und die weitgehende Kreditgewährung in Deutschland, die den Engländern wegen der fehlenden Unterstützung durch die Banken nicht möglich sei, zurückgeführt. Eingehend wird dargelegt, wie auch in England die Heeresverwaltung in die elektrische Industrie eingegriffen hat. Den Gemeinden wird die Genehmigung zum Ausbau elektrischer Anlagen versagt und sie werden zur größten Sparsamkeit angehalten; Betriebserweiterungen oder der Bau von Dampfturbinen werden, wie beispielsweise angeführt wird, nur dann zugelassen, wenn sie die Kraft für eine an Heereslieferungen beteiligte Fabrik liefern. Es zeigen sich Schwierigkeiten bei der Beschaffung von Rohstoffen und Halbfabrikaten, ebenso Mangel an Arbeitern[28]).

Nach Schätzungen der Erzeugung der amerikanischen Elektroindustrie[29]) wäre die Gesamterzeugung im Jahre 1914 zurückgegangen, nach einer anderen sogar gestiegen. Die ETZ hält die Schätzungen T. C. Martins, wonach sich der Aufwand auf den Kopf für die verschiedenen Verwendungsgebiete der Elektrizität auf 20 Doll. beziffern würde, für zu optimistisch. L. W. Schmidt, New York, berichtet, daß die Ausfuhr mit Ausbruch des Krieges gestockt hat, aber auch der Umsatz im inneren Markt wegen der geringeren Beschäftigung der die Produkte der elektrotechnischen Industrie verbrauchenden und kraftbeziehenden Industrien zurückgegangen ist. Der Rückschlag in der Beschäftigung der Industrie setzt stark im Oktober ein, auch die Einnahmen der elektrischen Bahnen gehen stark zurück. In der Ausfuhr ist der August der ungünstigste Monat, weniger wegen Mangels an Nachfrage als von Schiffahrtsgelegenheit[30]).

**Installationen.** Durch den Petroleummangel haben sich die Gas- und Elektrizitätsanschlüsse außerordentlich vermehrt. Sie konnten wegen Arbeitermangel vielfach nicht prompt erledigt werden. — Klein[31]) hat bei 106 Elektrizitätswerken eine Rundfrage über Installationserleichterungen vorgenommen; es haben aber nur 45 Werke geantwortet, von denen die Angaben von 34 tabellarisch dargestellt werden konnten. Klein unterscheidet begrifflich streng Leih- oder Mietsystem, Ratenzahlungssystem, Beisteuersystem und gemischtes System. In Zürich gab die Petroleumnot Anlaß, die Strompreise für elektrisches Licht zu verbilligen[32]). — Hugo Eisenmenger[33]) berichtet über das Ergebnis einer bei 660 Elektrizitätswerken des europäischen Kontinents abgehaltenen Rundfrage über die verschiedenen Methoden zur Popularisierung der Elektrizität, die im Zusammenhang mit dem Pauschaltarif für Wohnungen angewendet werden. — Die Verbreitung des Elektrizitätsverbrauchs kann durch freie Installation gegen entsprechende Pauschalgebühren, in denen die Abzahlung enthalten ist, gefördert werden. Praktische Vorschläge hierzu, um namentlich

Kleinwohnungen anzuschließen, macht J. Nicolaisen[34]). — Otto Ely[35]) behandelt die Bedeutung von Installations- und Bezugserleichterungen für elektrische Anlagen im heutigen wirtschaftlichen Leben der Städte und Gemeinden.

[1]) 130. Vorlage (J. Nr. 857 Erl. II 14) — zur Beschlußfassung — über die Bewilligung der zum Erwerbe der Berliner Elektrizitätswerke erforderlichen Mittel. — [2]) Sobersk i, El. Kraftbetr. 1915, S 193. — ETZ 1915, S 108. El Anz. 1915, S 136. — [3]) Werner, Wie die Elektrizitätsversorgung Berlins und Großberlins im Jahr 1920 aussehen sollte (Berlin). — [4]) Volz, Die BEW, Berlin und wir (Berlin). — [5]) Thierbach, Was Not tut. — [6]) El. Kraftbetr. 1915, S 203. — ETZ 1915, S 279. — [7]) Schiff, Z. Kommunalwirtsch. u. Kommunalpolitik Nr. 13/14. — ETZ 1915, S 53. — [8]) Ludewig, Die Elektrizitätswerke in öffentlicher und privater Verwaltung, dem 4. Deutschen Städtetag 1914 zu Köln als Material vorgelegt. — [9]) Laudien, Peucker, Döpke, Overmann, Mitteilungen der Vereinigung der Elektrizitätswerke Nr. 160 Januar 1915, S 3/10. — [10]) Schiff, Die AEG und die BEW. — [11]) Edm. Harms, Die Überführung kommunaler Betriebe in die Form der gemischt wirtschaftlichen Unternehmung. Berlin 1915, Julius Springer. — [12]) Siegel, Der Staat und die Elektrizitätsversorgung. — ETZ 1915, S 427. — [13]) Laudien, ETZ 1915, S 511. — [14]) Thierbach, ETZ 1915, S 474. — [15]) ETZ 1915, S 577. — Pape, El. Anz. 1915, S 582. — [16]) Der betriebliche Zusammenschluß innerhalb des Verbandes der im Gemeindebesitz befindlichen Elektrizitätswerke Sachsens, Verbandsdrucksache Nr. 1, 1916. — Vortrag über den betrieblichen Zusammenschluß innerhalb des Verbandes der im Gemeindebesitz befindlichen Elektrizitätswerke Sachsens. — Bericht des Vorstandes an die Mitglieder des Verbandes der in Gemeindebesitz befindlichen Elektrizitätswerke Sachsens, Verbandsdrucksache Nr. 6, 1915. — [17]) ETZ 1915, S 659. — [18]) ETZ 1915, S 644. — [19]) H. Schutzer, Das Murgkraftwerk, Maßgebende Gesichtspunkte beim Bau elektrischer Wasserkraftanlagen, Karlsruhe i. B. 1915, G. Braun. — [20]) Reg. Bl. 1915, S. 389. — [21]) ETZ 1915, S. 865. — [22]) Paul H. Perls, ETZ 1915, S 174. — [23]) ETZ 1915, S 563. — [24]) El. Anz. 1915, S 106. — ETZ 1915, S 475. — [25]) El. Anz. 1915, S 56, 536. — [26]) El. Anz. 1915, S 79. — [27]) El. Anz. 1915, S 162. — [28]) El. Kraftbetr. 1915, S 249. — [29]) ETZ 1915, S 83. — [30]) ETZ 1915, S 155, 183. — [31]) Klein, ETZ 1915, S 32, ausführlicher S 343, 370. — [32]) El. Anz. 1915, S 17. — [33]) Eisenmenger, ETZ 1915, S 157. — [34]) Nicolaisen, El. Anz. 1915, S 447. — [35]) Ely, El. Anz. 1915, S. 643, 657.

---

## Technische Vorschriften und Normalien.

Von Generalsekretär G. Dettmar.

Die Bearbeitung der technischen Vorschriften und Normalien war im Jahre 1915, soweit Deutschland in Frage kommt, vollständig durch den Kriegszustand beeinflußt. Infolge des Mangels einiger für die Elektrotechnik wichtiger Materialien wie Kupfer, Aluminium, Kautschuk, Baumwolle usw., stellte es sich als notwendig heraus, technische Grundlagen für die Benutzung von Ersatzstoffen zu schaffen. Dementsprechend hat der Verband Deutscher Elektrotechniker Ausnahmebestimmungen für den Krieg aufgestellt.

Eine Reihe von Bestimmungen der Errichtungsvorschriften[1]) erwiesen sich unter den vorstehend gekennzeichneten Verhältnissen als nicht durchführbar, so daß sie teils außer Geltung gesetzt, teils abgeändert werden mußten. — Für den Bau von Freileitungen[2]) wurden als Ersatz für Leitungen aus Kupfer solche aus Eisen vorgeschlagen und hierfür ausführliche Unterlagen, insbesondere für Wechselstrom, bei welchem die Hautwirkung zu beachten ist, gegeben. Durch Mitteilung der Ergebnisse besonderer Versuche ist es jedem möglich geworden, die jeweils besten Verhältnisse herauszufinden. — Für isolierte Leitungen[3]) war es gleichfalls notwendig, Ersatz zu schaffen und zwar bestand hier nicht nur die Möglichkeit, solche Leitungen aus Eisen zu machen, sondern auch Zink erwies sich nach längeren Versuchen als sehr brauchbar. Für die Isolation wurde an Stelle des Naturgummis Regenerat gesetzt und außerdem wurde auch Papier in weitem Umfange verwendet. Auf dieser Grundlage wurden eine Reihe von neuen Leitungsmaterialien geschaffen und zwar Manteldrähte mit Papier-

isolierung (für feuchte Räume mit bleiumpreßter Papierisolierung), gummiisolierte Zinkleitungen, Eisenleitungen für ortsveränderliche Stromverbraucher sowie Panzeradern mit Zinkleiter. Zur Erleichterung der Behandlung dieser neuen Materialien wurden Merkblätter aufgestellt. Bei Ausbruch des Krieges befanden sich in Deutschland noch eine Menge von Leitungsmaterialien, welche für die Ausfuhr bestimmt waren und außerdem sind in Belgien, Frankreich und Rußland beträchtliche Mengen von solchen Leitungen erbeutet worden. Da diese den Normalien des Verbandes nicht durchweg entsprachen, wurde auch nach dieser Richtung hin eine Regelung vorgenommen und festgesetzt, welche von diesen Materialien als verwendbar erachtet wurden. — Weiterhin war es notwendig, neue Grundlagen für den Bau von Apparaten[4]) zu schaffen, um auch hier einen möglichst weitgehenden Ersatz von Kupfer, Messing und Aluminium zu erreichen. Auch hier bot sich besonders im Zink und in vielen Fällen auch im Eisen ein brauchbares Ersatzmaterial. — Auch beim Bau von Maschinen und Transformatoren[5]) konnte Kupfer in ziemlich weitgehendem Maße durch Zink ersetzt werden. Es wurden infolgedessen diejenigen Leistungsgrenzen angegeben, bei welchen entweder die gesamte Bewicklung oder ein Teil davon in Zink ausgeführt werden konnte. Bei Kommutatoren und Schleifringen konnte in vielen Fällen Kupfer bzw. Bronze durch Eisen ersetzt werden. — Die im Jahre 1914 beschlossenen neuen Vorschriften für die Errichtung und den Betrieb elektrischer Starkstromanlagen[6]) sind am 1. Juli 1915 in Kraft getreten. Sie haben ebenso wie die vorhergehende Bearbeitung die Anerkennung der Staatsbehörden gefunden und sind als technische Richtschnur für die Aufsichtsorgane allseitig anerkannt worden.

Der Verband der Elektrizitätswerke am Mittelrhein[7]) hat den durch die Kriegslage geschaffenen Schwierigkeiten bei der Ausführung von Hausinstallationen durch Aufstellung besonderer Richtlinien Rechnung getragen.

Von der K. K. Berghauptmannschaft in Wien[8]) sind in Ergänzung der früheren Vorschriften vom Jahre 1902 neue Bestimmungen über den Plattenschutz bei elektrischen Motoren und Apparaten sowie über die Zulassung von Akkumulatorenlokomotiven in Schlagwettergruben herausgegeben worden.

Der Elektrotechnische Verein in Wien[9]) hat für Österreich neue Theater-Vorschriften aufgestellt und außerdem in Anlehnung an die oben erwähnten Kriegsnormalien des Verbandes Deutscher Elektrotechniker eine Anzahl dieser Vorschriften für Österreich[10]) übernommen.

Das American Institute of Electrical Engineers[11]) hat nach langen Beratungen eine Neubearbeitung seiner Maschinennormalien fertiggestellt. Am 1. Dezember 1914 sind diese in Kraft getreten. Die Neubearbeitung bringt nach vielen Richtungen hin wesentliche Änderungen gegenüber den alten Vorschriften.

Die British Electrical and Allied Manufacturers Association hatte im April 1913 vorläufig Maschinennormalien angenommen, welche in der Zeitschrift »Electrician« vom 16. Mai 1913 veröffentlicht sind. Diese sind nunmehr am 18. Februar 1915 endgültig beschlossen worden und es wurde gleichzeitig noch ein Zusatz[12]) angenommen, in welchem Angaben über Toleranzen, das Parallelarbeiten von Synchronmaschinen, Kommutierung, Kurzschlußversuche bei Wechselstromgeneratoren, Transformatoren, Klemmenbezeichnung bei Maschinen und über Regeln für die Darstellung von Apparaten gemacht sind.

[1]) VDE, ETZ 1914, S 1132; 1915, S 304, 696. — [2]) VDE, ETZ 1914, S 1109; 1915, S 9, 44. — [3]) VDE, ETZ 1914, S 1132; 1915, S 33, 117, 128, 517, 544, 602, 657, 670. — [4]) VDE, ETZ 1914, S 1122; 1915, S 502, 602; 1916, S 26. — [5]) VDE, ETZ 1915, S 696. — [6]) VDE, ETZ 1915, S 432. — [7]) Verband d. EW. am Mittelrhein, Mitt. Ver. EW. 1915, S 353. — [8]) Berghauptmannschaft Wien, Österreichischer Kalender für Elektrotechniker 1916, S 530. — [9]) El. Verein Wien, El. Masch.-Bau 1915, S 127. — [10]) El. Verein Wien, El. Masch.-Bau 1915, S 126, 229, 600. — [11]) Am. Inst. of El. Eng., Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 1933. — ETZ 1915, S 109, 12. —3 Electr. (Ldn.) Bd 74, S 179, 220, 282. — [12]) British Electr. a. All. M. A., Electr. (Ldn.) Bd 75, S 86.

# A. Elektromechanik.

## II. Elektromaschinenbau.

Allgemeines. Von Oberlehrer Dipl.-Ing. Wilhelm Gruhl, Berlin. — Gleichstrommaschinen. Von Oberlehrer Dipl.-Ing. Wilhelm Gruhl, Berlin. — Wechselstromerzeuger und Synchronmotoren. Von Dr.-Ing. Franz Hillebrand, Berlin. — Induktionsmotoren. Von Oberingenieur W. Zederbohm, Berlin. — Wechselstrom-Kommutatormotoren. Von Oberingenieur M. Schenkel, Berlin. — Rotierende Umformer und Gleichrichter, Transformatoren, Elektromagnete. Von Privatdozent Dr. Max Breslauer, Berlin. — Maschinenmessungen. Von Ingenieur Heinrich Bodenschatz, Berlin. — Betrieb: Regelung, Parallelbetrieb, Ein- und Ausschalten (Verfahren). Von Generalsekretär Leo Schüler, Berlin. — Anlasser, Regulierschalter, Belastungswiderstände und Widerstandsmaterial. Von Oberingenieur Chr. Krämer, Berlin.

### Allgemeines.

Von Oberlehrer Dipl.-Ing. Wilhelm Gruhl.

Die Verbreitung elektrischer Antriebe ist in allen Industriezweigen in stetem Wachstum begriffen. Rushmore[1]) hebt die Vorteile des elektrischen Antriebes hervor und teilt die Elektromotoren je nach ihrer Verwendbarkeit für den elektrischen Antrieb ein; ihre Bemessung für Antriebe und die Art ihrer Regelung wird behandelt. — Creedy[2]) gibt eine Einteilung der elektrischen Maschinen.

**Preis.** Über Preise elektrischer Maschinen in Abhängigkeit vom Gewicht gibt Dogget[3]) Anhaltspunkte. Als Grundlage zur zweckmäßigen Beurteilung aller Maschinentypen muß das Verhältnis $D = \frac{\text{Leistung}}{\text{Drehzahl}}$, also das Drehmoment herangezogen werden. Es kann folgende Gesetzmäßigkeit angenommen werden:

| | Kosten in Mark |
|---|---|
| Gleichstrommaschinen und Motoren, neu . . . . | 19150 $D^{0,6}$. |
| „ „ „ gebraucht . | 7650 $D^{0,6}$. |
| Turbogeneratoren, 3600 Umdr./min . . . . . . . . | 142500 $D^{0,768}$. |
| „ 1800 „ . . . . . . . . | 125500 $D^{0,685}$. |

Die Formeln geben gute Mittelwerte für moderne, gangbare Maschinenarten. Spezialmaschinen sind natürlich teuerer. Im Mittel kann man bei neuen Maschinen den Preis von 2,98 M für 1 kg Maschinengewicht setzen.

**Baustoffe.** Die Maschinennormalien-Kommission des VDE[4]) hat sich mit der Frage beschäftigt, bei welchen Maschinen und Transformatoren und wieweit der Ersatz von Kupfer durch Zink bzw. Eisen möglich ist. Es werden Angaben für die einzelnen Maschinen- und Transformatorenarten gemacht. Da

für Maschinen, bei denen an Stelle von Kupfer Ersatzmetalle verwendet wurden, noch keine längeren Betriebserfahrungen vorliegen, kann für diese eine Garantie für vollkommene Betriebssicherheit nicht in gleicher Weise wie für Maschinen normaler Bauart übernommen werden. Die Leistung der Maschinen und Transformatoren wird durch die Zinkdrahtwicklung erniedrigt. — Über die Anwendung von Kugellagern bei Elektromotoren und Dynamomaschinen berichtet Ahrens[5]). Die Einführung von Kugellagern stieß bisher infolge der hohen Anforderungen in bezug auf Betriebssicherheit auf Widerstand. Scheinbar war auch der Energiegewinn bei Kugellagern gering. Die Erfahrungen der neuesten Zeit haben ergeben, daß die Bedenken gegen Kugellager nicht gerechtfertigt sind. Kugellager kommen vorwiegend für kleine Einheiten in Anwendung. Sie haben den Vorzug erheblicher Verringerung der Reibungsverluste und gegenüber Preßschmierlagern den Vorzug der Einfachheit und Billigkeit. Abb. 1 stellt das Lagerschild eines Motors von 7,5 kW der Elektrotechnischen Fabrik Schorch, Rheydt, dar, Abb. 2 zeigt das Kugellager eines Straßenbahnmotors von Schmid-Roost (Motoren der Maschinenfabrik Oerlikon), an dem die sorgfältige Staubdichtung zu beachten ist. Da besonders an der Zahnradseite die Gefahr groß ist, daß die für das Triebwerk benutzten, mit Staub und sonstigen Verunreinigungen durchsetzten Schmiermittel in das Lagergehäuse dringen, sind an der Stelle ein Schleuderring und eine Schutzkammer vorgesehen. Die abgebildete Lagerung hat sich bei einer großen Zahl von Ausführungen im Betrieb gut bewährt. Die Lebensdauer der Kugellager gibt Ahrens zu 10 bis 14 Jahren an. Niethammer[6]) berichtet über eine umfangreiche Arbeit von Maurice Leblanc über sehr rasch laufende rotierende Maschinen (Turbinen, Kompressoren und Dynamos). Unter anderem werden Gesichtspunkte gegeben, nach denen elektrische Generatoren von 10000 bis 20000 Umdr./min zu konstruieren sind. — Die Schwierigkeiten beim Aufbau sehr großer, schnellaufender Maschinen behandelt auch ein Aufsatz von Field[7]). Es werden an Hand eines

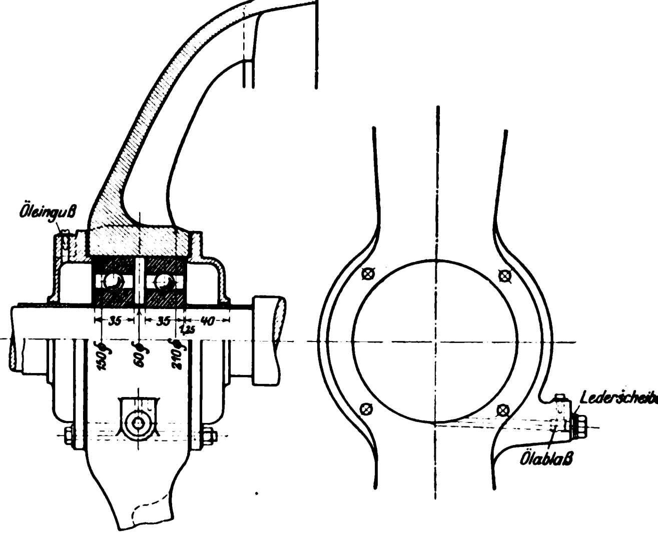



Abb. 1. Lagerschild mit Kugellager für Elektromotoren (nach ETZ 1915, S 331).

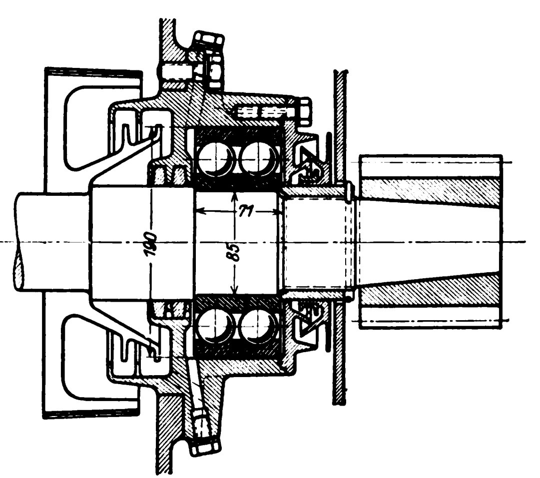



Abb. 2. Kugellager für Straßenbahnmotoren (nach ETZ 1915, S 331).

Beispiels (eines 20000 kW-Generators für 1800 Umdr./min) die Konstruktionseinzelheiten beschrieben und einige Festigkeitszahlen gegeben. — Hawkins[8]) leitet Formeln ab, nach denen die Schrumpfringe für schnellaufende Kommutatoren zu berechnen sind. — Weaver[9]) leitet Formeln ab zur Berechnung der bei Kurzschlüssen auftretenden, mechanischen Beanspruchung im mechanischen Teile der elektrischen Maschinen. Die Ableitung beschränkt sich auf die Berechnung der Kräfte in der Welle zweier gekuppelter Maschinen, von denen eine Kurzschluß erleidet, und der Berechnung der Kräfte in den Fundamentbolzen bei Kurzschluß einer Maschine. — Mit der mechanischen Beanspruchung der Bandagen von Dynamoankern beschäftigt sich ein Aufsatz von Morley.[10]) An einigen Beispielen wird die Berechnung der Bindungen gezeigt. — Zu erwähnen ist noch eine Arbeit von Seyfferth[11]) über die Ausführung geschlossener Motoren.

**Theorie und Berechnung.** Kuhlmann[12]) zeigt auf rechnerischem Wege an einem geschlitzten Ring, wie bei einem magnetischen Kreis die totalen Erregeramperewindungen räumlich verteilt werden müssen, damit die magnetische Streuung gleich Null wird. Er kommt zu dem für den Elektromaschinenbau wichtigen Resultat, daß die magnetisierenden Windungen stets an der Stelle des magnetischen Kreises anzubringen sind, an der sie verbraucht werden. Demnach müßten bei einer Gleichstrommaschine mit Außenpolen die Erregerwindungen nicht nur auf die Schenkel, sondern auch auf das Joch verteilt werden. Ebenso müßten Kompoundwicklungen nicht über die ganze Schenkellänge verteilt werden, sondern so nahe als möglich am Luftspalt angeordnet werden. Der theoretischen Forderung über die Anordnung der Amperewindungen käme man bei Gleichstrommaschinen dadurch am nächsten, daß man vier Hilfsbürsten, die wie bei den Dérischen Wechselstrommotoren gegeneinander verschoben werden können, so einstellt, daß die im Anker über diese Bürsten fließenden Ströme gerade soviel Amperewindungen erzeugen, als zur Überwindung des magnetischen Widerstandes des Ankereisens und des halben Luftspaltes nötig sind. Der Rest der Amperewindungen für den übrigbleibenden Teil des magnetischen Kreises wäre dann auf den Magneten anzubringen. — Auf Grund seiner im Jahre 1907 veröffentlichten Darstellung der scheinbaren Zahninduktionen in Abhängigkeit von der wahren Induktion zeigt Sumec[13]), wie man aus der jeweils vorliegenden Magnetisierungskurve, ohne sie umzeichnen zu müssen, mit Hilfe eines Strahlenbündels auf durchsichtigem Deckblatt für irgendeinen Wert der scheinbaren Induktion die zugehörige wahre Zahninduktion findet. Da das Verfahren immer für mehrere Stellen des Zahnes wiederholt werden muß, so wird für hohe Sättigungen eine aus der jeweils vorliegenden Magnetisierungskurve leicht abzuleitende genauere und eine Näherungsformel mitgeteilt, welche die mittleren AW/cm mit einem Schlag ergeben. Die Anwendung des graphischen und rechnerischen Verfahrens wird an einem Beispiel gezeigt. Ein Vergleich der Ergebnisse zeigt, daß beim Rechenverfahren die Näherungsformel, beim graphischen Verfahren die Durchführung für nur drei Stellen des Zahnes hinreichend sind. — Im Anschluß an die Sumec'sche Arbeit, die sich nur auf parallelwandige Zähne beschränkt, gibt Blanc[14]), unter Beziehung auf eigene frühere Arbeiten, Formeln zur Berechnung der Amperewindungen von Zähnen mit radialen Flanken. — Sachs[15]) leitet die Füll- und Wickelfaktoren für einphasige Spulenwicklungen ab, die, um die Form der Spannungskurve zu beeinflussen, ungleiche Drahtzahl in den Nuten haben. Die Resultate sind zahlreichen Zahlentafeln zu entnehmen. — G. Meyer[16]) zeigt, daß die Berechnung elektrischer Daten beim Wickeln von Spulen außerordentlich erleichtert wird, wenn an Stelle des sonst üblichen Raumfaktors mit dem Verhältnis Leiterquerschnitt/Raumfaktor gerechnet wird. Tabellarische und graphische Darstellung gestatten leichte Anwendung der gegebenen Formeln. Loebe[17]) nimmt Bezug auf die Arbeit von Meyer und weist darauf hin, daß bei Berechnungen nach häufig vorkommenden Formeln die Anwendung von Fluchtlinientafeln besondere Vorteile bietet. Die in der

Arbeit von Meyer vorkommenden Formeln werden mit Fluchtlinientafeln dargestellt und ihre Anwendung an Beispielen gezeigt. — Hellmund[18]) gibt die Ursachen für das Überschlagen an den Kommutatoren zwischen den Bürsten oder zwischen Bürsten und Gehäuse bei Bahnmotoren an. Als Mittel zur Verhinderung des Überschlages werden genannt: möglichste Unterdrückung des Bürstenfeuers (Anwendung von Wendepolen) und geringe Segmentspannung, also möglichst viele Kommutatorteile. — Blondel[19]) berechnet die Ankerrückwirkung eines Generators unter Zugrundelegung der magnetischen Verhältnisse erstens für den Fall, daß der Anker stromlos ist, zweitens für den Fall, daß der Anker nur wattlose Ströme führt. — Ein Aufsatz von Hobart[20]) behandelt den Entwurf der Nutenisolation. Es werden die dielektrische Beanspruchung verschiedener Isolationsanordnungen zwischen Ankerkupfer und Nutenwandung, die Hitzebeständigkeit und die Lebensdauer der Isolation in Abhängigkeit von der Erwärmung besprochen. — Bedell und Bown[21]) geben eine vergleichende Zusammenstellung der Methoden, nach denen die Kurvenform des Flusses aus der Kurvenform der EMK abgeleitet werden können. — Mit der Form der Spannungskurve beschäftigt sich auch ein Aufsatz von Smith und Boulding.[22]) — Weichsel[23]) behandelt die Zerlegung magnetischer Wechselfelder in Grund- und Oberschwingungen. Er zeigt, daß nach Zerlegen einer beliebig geformten Feldwelle in mehrere Wellen von Dreieckform die Fouriersche Gleichung für ein Dreieckfeld Anwendung finden kann. Ein Aufsatz von Still[24]) behandelt die Feldverteilung im Luftspalt, wobei verschiedene Anker- und Polausführungen berücksichtigt werden. An anderer Stelle[25]) gibt derselbe Verfasser noch ein graphisches Verfahren an, nach dem auf schnelle und einfache Weise und mit hinreichender Genauigkeit die Feldverteilung über der Ankeroberfläche und unter den Polen bestimmt werden kann. — Schmidt[26]) gibt an, wie die Dämpferstäbe bei elektrischen Maschinen anzuordnen sind. Bei Maschinen mit gerade gestellten Polen werden Verluste in den Dämpferstäben vermieden, wenn der Abstand zweier Stäbe gleich der Nutenteilung im Anker gemacht wird. Im Anschluß an die Schmidtsche Arbeit zeigt Bache-Wiig[27]), daß diese Anordnung bei Synchronmotoren und Einankerumformern, die direkt mittels Wechselstrom anzulassen sind, nicht zulässig ist. — Buchanan[28]) gibt eine Zusammenstellung der schon bekannten Ursachen für elektrische Ströme in den Lagern von Stromerzeugern. — Eine rein mathematische Behandlung der Ströme in den Wellen von Dynamomaschinen bringt Girault.[29])

In allgemeinen Betrachtungen über die Berechnung elektrischer Maschinen zeigt Bojko[30]), daß man bei der Vorausberechnung von Maschinen trotz aller Fortschritte der Theorie auf Erfahrungen an bereits ausgeführten Maschinen angewiesen ist. Je entwickelter eine Maschinenart ist, desto mehr stimmen die Hauptabmessungen und die Gewichte, gleiche Anfangsbedingungen vorausgesetzt, verschiedener Fabrikate überein. In einigen Tabellen werden die reduzierten Gewichte gleichartiger Maschinen verschiedenen Fabrikates gegenübergestellt, und es wird festgestellt, ob eine Maschine relativ leicht oder schwer gebaut ist.

**Eisenverluste.** Nach Versuchen von Mc Lachlan[31]) am Epsteinapparat können die Hysterese- und Wirbelstromverluste dargestellt werden durch die Form $V = c\mathfrak{B}^n$, wobei $c$ und $n$ Konstante sind, die von der Frequenz und von der Eisensorte abhängig sind. — Lorenz[32]) gibt einen Beitrag zur Theorie der Eisenverluste in Spulenkernen.

**Zusätzliche Kupferverluste.** Über zusätzliche Stromwärme, Einfluß der Leitfähigkeit, Abnahme des Wechselstromwiderstandes mit zunehmender Temperatur liegt eine Arbeit von Richter[33]) vor. Das Verhältnis des Wechselstromwiderstandes zum Gleichstromwiderstand von mehreren in Reihe geschalteten, übereinander in einer Nut liegenden Leitern ist abhängig von der Höhe eines Leiters, von der Breite der in einer Nut nebeneinander liegenden Leiter, von der Breite der Nut, vom spezifischen Widerstand des Leitermaterials und

von der Frequenz. Von der Anzahl der in einer Nut nebeneinander liegenden Leiter ist das Verhältnis unabhängig. Es zeigt sich, daß man unter Umständen bei Verwendung eines Leitermaterials höherer Leitfähigkeit einen höheren Wechselstromwiderstand erhält. Bei Temperaturerhöhung kann daher der Wechselstromwiderstand abnehmen, und es könnte mithin unter Umständen zweckmäßig sein, für die Wicklung ein Metall niederer Leitfähigkeit zu wählen oder, was dasselbe bedeuten würde, die Breite der Leiter herabzusetzen. Der kleinste Wechselstromwiderstand würde erhalten, wenn man die Leiterbreite so groß als möglich und das Leitermaterial von möglichst hoher Leitfähigkeit wählt und dann die Leiterhöhe so bestimmt, daß der Wechselstromwiderstand eben ein Minimum wird. In einer zweiten Arbeit zeigt Richter[34]), daß man durch Verwendung von ungleichen Stabhöhen eine weitere Herabsetzung des Wechselstromwiderstandes erreichen kann. Am günstigsten wäre bei einer Wicklung die Anordnung, bei der die Leiterhöhen vom Grunde der Nut ausgehend von Schicht zu Schicht kleiner werden. Die geringste Höchsttemperatur der Wicklung stellt aber die Forderung, daß die Leiterhöhen mit der Ordnungszahl der Schichten wachsen, also gerade das Gegenteil der Bedingung für kleinsten Wechselstromwiderstand. Es wird deshalb vorgeschlagen, die Zahl der Leiter quer zur Nut zu verringern und höhere Schichtzahl anzuordnen, um eine bessere Wärmeabfuhr nach den Nutenflanken zu erhalten. Um innerhalb der Nut (mit Rücksicht auf kleinste Temperaturerhöhung) in jeder Schicht dieselbe Wärmeentwicklung zu erhalten, wird weiter vorgeschlagen, die Zahl der nebeneinander liegenden Leiter in jeder Schicht von der unteren bis zur oberen Schicht entsprechend abnehmen zu lassen. In den obersten Schichten würde dann freier Nutenraum verbleiben, der zur Kühlung durch Luftstrom herangezogen werden könnte. — Dreyfus[35]) behandelt die zusätzlichen Kupferverluste durch Stromverdrängung bei Einankerumformern. — Eine mathematische Ableitung der zusätzlichen Verluste im Ankerkupfer und der Wirbelstromverluste in den Ankerzähnen gibt Preß[36]).

**Erwärmung und Kühlung.** Newbury[37]) berichtet über frühere und in neuester Zeit mit modernen Mitteln wiederholte Versuche über die Erwärmung der Ankerstäbe der Drehstromgeneratoren zu 3750 kW in der Zentrale der Niagarafälle. Bei den neueren Versuchen wurde die Temperatur der Ankerstäbe mittels Thermoelementen, die direkt auf dem Kupferleiter auflagen, gemessen. Von besonderem Interesse ist, daß sich trotz der auftretenden sehr hohen Temperaturen (bei höchsten Belastungen bis 285° C) eine Beschädigung der Glimmerisolation nicht gezeigt hat. Man kann also Maschinen mit Glimmerisolation mit viel höherer Temperatur laufen lassen, als bisher üblich war. — A. Müller[38]) leitet eine Methode ab, nach der die Bestimmung der Endtemperaturen aus einer vor der Erreichung des stationären Temperaturzustandes abgebrochenen Erwärmungsprobe in einfacher und zugleich genauerer Weise möglich ist als bei der in der Praxis bisher gebräuchlichen graphischen Extrapolationsmethode. — Maclean, Mackellar und Begg[39]) berichten über die Erwärmung von Feldspulen. Es wird die Verteilung der Erwärmung der Spulen auf Grund von Versuchen an einem Gleichstrommotor von 120 kW offener Bauart gegeben. — Die vom American Institute of El. Engineers herausgegebenen Maschinennormalien[40]) sind in manchen Punkten recht streng, z. B. bei den Bedingungen, unter denen die Erwärmung der Maschinen festgestellt werden soll. Zu diesem Punkte sind Meinungsäußerungen von Rüdenberg und Adler[41]) zu erwähnen. — Gutmann[42]) stellt die gemäß den Sicherheitsvorschriften des Elektrotechnischen Vereins in Wien hinsichtlich der Erwärmung elektrischer Maschinen bestehenden Bedingungen denen nach den Normalien des VDE in einer Tabelle gegenüber und weist auf die erheblichen Unterschiede in den Vorschriften hin.

**Stromwendung.** Dreyfus[43]) behandelt die zusätzlichen Verluste bei der Kommutierung von Gleichstrommaschinen und zeigt, daß man den ganzen Kommutierungsvorgang als eine Summe aperiodischer Ausgleichsvorgänge an-

sehen kann, wobei die analytische Behandlung der Feld- und Stromverteilung eine unendliche Reihe sinusförmiger Wellen verschieden starker Dämpfung ergibt. Man kann den Schwingungsvorgang nach Ablauf einer Teit $T$, die von der Leitfähigkeit, Stabbreite, Nutenbreite und Stabhöhe abhängig ist, als durch die Grundschwingung der Strom- und Feldverteilung allein bestimmt ansehen. Die Wirbelstromverluste sind dieser Zeitkonstanten proportional. Dies gilt allerdings nur, wenn die Stromwendung momentan erfolgt. Bei einer Kommutierungsdauer $\tau_0$ wird man mit dem Verhältnis $\gamma = \frac{\tau_0}{T}$ rechnen müssen und einen Reduktionsfaktor $F$ (eine Funktion von $\gamma$) einführen, mit dem man die für momentane Stromwendung errechneten Wirbelstromverluste multiplizieren muß, um die wirklichen Kupferverluste bei allmählicher Stromwendung zu erhalten. Die Kommutierungsverluste der Gleichstrommaschinen wachsen annähernd mit der 3. Potenz der Stabhöhe und der 1,5. Potenz der Periodenzahl. Bei Wechselstrommaschinen erfolgt das Anwachsen mit der 4. Potenz der Stabhöhe und dem Quadrat der Periodenzahl. — Die physikalischen Grenzen der Stromwendung bei Gleichstrommaschinen gibt Lamme[44]) an.

**Streuung.** Niethammer[45]) bezieht sich auf frühere im JB 1914 S 30 bereits angeführte Arbeiten von Hallo und von Rogowski sowie auf eigene Arbeiten und zeigt, daß bei Berechnung der Strom- und Streuungsverhältnisse im allgemeinen Transformator, für den Fall, daß die primäre und sekundäre Wicklung verschiedenartig verteilt sind bzw. verschiedene Nutenzahlen in der Polteilung aufweisen, nicht die maximalen primären und sekundären Amperewindungen selbst, sondern die wirksamen Amperewindungen gleichzusetzen sind, daß also nicht gilt: $i_1 z_1 = i_2 z_2$, sondern $k_{21} i_1 z_1 = k_{22} i_2 z_2$, wobei $i_1$ und $i_2$ die Ströme, $z_1$ und $z_2$ die Windungszahlen der primären und sekundären Wicklung und $k_{21}$ und $k_{22}$ Wicklungsfaktoren sind, die den EMK-Ziffern proportional sind. Demgegenüber beweist Rogowski[46]) an einem Zahlenbeispiel, daß Zugrundelegung gleicher Maxima der primären und sekundären Amperewindungen (Gegenschaltung) bei der Streuungsberechnung richtige Resultate liefert. Im Anschluß an letztere Arbeit ist eine Entgegnung von Niethammer[47]) zu nennen. — Jakemann[48]) gibt eine Berechnung der Streuung bei zylindrischen Rotoren von Turbogeneratoren. — Außerdem sind noch Arbeiten von Douglas[49]) und von Kuhlmann[50]) zu nennen.

[1]) D. B. Rushmore, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 187. — [2]) F. Creedy, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 1399. — [3]) L. A. Dogget, El. World Bd 66, S 746. — [4]) VDE, ETZ 1915, S 696. — [5]) Ahrens, ETZ 1915, S 330. — El. Masch.-Bau 1915, S 237. — [6]) F. Niethammer, El. Masch.-Bau 1915, S 259 (nach M. Leblanc, Bull. Soc. Ing. Civ. France 1913). — [7]) A. B. Field, Electr. (Ldn.) Bd 76, S 272, 320. — [8]) C. C. Hawkins, Electr. (Ldn.) Bd 74, S 846. — [9]) S. H. Weaver, Gen. El. Rev. 1915, S 1066. — [10]) A. Morley (nach Engineering Bd 98), El. World Bd 65, S 94. — [11]) A. Seyfferth, Z. Ver. D. Ing. 1915, S 395. — [12]) K. Kuhlmann, Bull. Schweiz. EV 1915, S 219. — [13]) J. Sumec, ETZ 1915, S 423. — [14]) F. Blanc, ETZ 1915, S 558. — [15]) K. Sachs, El. Masch.-Bau 1915, S 517, 533, 541. — [16]) G. Meyer, ETZ 1915, S 2. — [17]) W. W. Loebe, ETZ 1915, S 437. — [18]) R. E. Hellmund (nach El. Journal, Juli 15), El. World Bd 66, S 185. — [19]) A. Blondel (nach Lum. él., Mai 1915), El. World Bd 66, S 651. — 20) H. M. Hobart, Gen. El. Rev. 1915, S 366. — [21]) F. Bedell u. R. Bown (nach El. Journal, Jan. 1915), El. World Bd 65, S 476. — [22]) S. P. Smith u. R. S. H. Boulding, Electr. (Ldn.) Bd 74, S 483, 527. — [23]) H. Weichsel, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 2437. — [24]) A. Still (nach Jl. Franklin Inst., Jan. 1915), El. World Bd 65, S 217. — [25]) A. Still, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 913. — [26]) K. Schmidt, ETZ 1915, S 187. — [27]) J. Bache-Wiig, ETZ 1915, S 362. — [28]) W. Buchanan, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 266. — [29]) P. Girault (nach Bull. Soc. Intern. El. Ser. 3, Bd 5, S 45, 127), El. World Bd 66, S 250. — [30]) J. Bojko, Dingl. Polyt. Jl. Bd 330, S 241. — [31]) N. W. Mc Lachlan, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 152. — [32]) H. Lorenz, Arch. El. Bd 4, S 66. — [33]) R. Richter, Arch. El. Bd 3, S 175. — [34]) R. Richter, Arch. El. Bd 4, S 1. — [35]) L. Dreyfus, Arch. El. Bd 4, S 42. — [36]) A. Preß, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 771. — [37]) F. D.

Newbury, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 2555. — [38]) A. Müller, El. Masch.-Bau 1915, S 21. — [39]) R. S. Begg, M. Maclean, D. J. Mackellar, Electr. (Ldn.) Bd 74, S 845. — [40]) L. Schüler, ETZ 1915, S 109, 123. — [41]) Rüdenberg und Adler, ETZ 1915, S 140. — [42]) J. Gutmann, El. Masch.-Bau 1915, S 421. — [43]) L. Dreyfus, Arch. El. Bd 3, S 273. — [44]) B. G. Lamme, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 1559. — [45]) F. Niethammer, El. Masch.-Bau 1915, S 133. — [46]) W. Rogowski, El. Masch.-Bau 1915, S 409. — [47]) Niethammer, El. Masch.-Bau 1915, S 420. — [48]) R. G. Jakeman, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 765. — [49]) J. F. H. Douglas, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 880. — [50]) K. Kuhlmann, Bull. Schweiz. EV 1915, S 114.

## Gleichstrommaschinen.

Von Dipl.-Ing. Wilhelm Gruhl.

Im Bau der normalen Gleichstrommaschinen ist gegen das Vorjahr keine wesentliche Änderung eingetreten und mithin nur wenig mitzuteilen. Wie immer stand auch diesmal die Frage der Kühlung und Lüftung der Motoren im Vordergrund, und es waren besonders die Bahnmotoren, mit denen man sich in dieser Hinsicht beschäftigte. Adler[1]) bespricht die Gesichtspunkte, nach denen die Ventilation der Bahnmotoren durchzuführen ist, und beschreibt den Aufbau und das Verhalten der neuen, luftgekühlten Straßenbahnmotoren der AEG. Aus beigegebenen Schaulinien ist zu erkennen, daß die Dauerleistung der luftgekühlten Motoren mit zunehmender Spannung und Drehzahl im Gegensatz zu ungekühlten Ausführungen stark anwächst; das bedeutet aber, daß die Innenkühlung der Bahnmotoren desto mehr zur Geltung kommt, je weiter die Haltepunkte auseinander liegen. Mit der Kühlung der Bahnmotoren beschäftigt sich auch Hellmund[2]). Es werden Vergleiche zwischen gelüfteten und geschlossenen Motoren hinsichtlich Lebensdauer, Dauerleistung, Überlastbarkeit bei verschiedenen Betriebsbedingungen angestellt. In einer weiteren, kürzeren Abhandlung desselben Verfassers[3]) wird an Hand von zehn schematischen Motorzeichnungen der Entwicklungsgang der Ventilation von Bahnmotoren gezeigt. — In einer umfangreichen Arbeit von Krell[4]) über die Elektrizität an Bord von Schiffen werden nach einer einleitenden Übersicht über die geschichtliche Entwicklung der elektrischen Bordanlagen die neuzeitlichen elektrischen Anlagen auf Schiffen für Licht- und Kraftzwecke behandelt. Die Unterschiede der Schiffsanlagen gegen ortsfeste Anlagen hinsichtlich Konstruktion, Gewicht und Unempfindlichkeit gegen Witterungseinflüsse und rohe Behandlung werden besonders hervorgehoben. — Zu erwähnen ist ferner eine kleine Abhandlung von Larson[5]), in der ein kurzer Überblick über die Entwicklung der Grubenbahnmotoren gegeben und ein neuerer, mit Kugellagern ausgerüsteter Grubenbahnmotor beschrieben wird.

**Hochspannung.** Eine von der AEG zu Versuchszwecken für die Physik.-Techn. Reichsanstalt ausgeführte Gleichstrommaschine für 10000 V beschreibt Linke[6]). Die Leistung der Maschine beträgt 10 kW. Erschwerend für die Konstruktion der Maschine war die Bedingung, daß ein beliebiger Pol der Maschine geerdet oder an Gestell gelegt werden kann, und daß die Spannung von 10000 V möglichst unterteilt werden kann. Die Spannung wurde auf zwei Doppelkollektormaschinen, also auf vier Kommutatoren zu je 2500 V verteilt. Die Anker sind normale Trommelanker. Die Segmentspannung beträgt bei 212 Kommutatorteilen rd. 24 V. Die Schwierigkeit der Nutenisolation gegen die volle Betriebsspannung von 10000 V wurde überwunden durch nahtlose Umpressung der Nutenteile der Wicklung nach dem Haefelyschen Verfahren mit Mikarta-Folium. Die Maschinen haben Wendepole und laufen bei etwa 50% Überlastung funkenfrei entsprechend einem Strombelag von rd. 150 AS/cm. Für den normalen Betrieb erhält die Maschine entsprechende Schutzvorrichtungen gegen Wanderwellen. — Die Argentinische Zentralbahn verwendet einen mit 850 V Gleichstrom betriebenen, rd. 180 kW leistenden Bahnmotor mit regelbarem Feld[7]).

**Theorie und Berechnung.** Die Bedingungen für gute Kommutierung untersucht Douglas[8]). Er zeigt, daß die Hobartsche Gleichung für die Reaktanzspannung $E_r = \frac{2\,LI}{T} < 2$ bis 3 V den Vorzug hat vor der Arnoldschen Gleichung $E_r = \frac{R \cdot T}{L} > 1$ (worin $L$ der Selbstinduktionskoeffizient in Henry der Ankerspulen, $T$ die Zeit in Sekunden für die Stromwendung, $R$ der Übergangswiderstand in Ohm zwischen Bürsten und Kommutator, $I$ der Strom in Ampere in den Ankerzweigen). Ferner wird gezeigt, daß die angegebenen Bedingungen nur mit Einschränkung gelten. — Nach einem Verfahren von Walker[9]) kann man eine selbsttätige Stromwendung erreichen, wenn man die Bürsten (Abb. 3) in zwei voneinander isolierte Teile $A$ und $B$ unterteilt und den aus $A$ austretenden Strom um einen Wendepol, den aus $B$ kommenden Strom durch einen Widerstand $D$ leitet, bevor sich die Ströme zur gemeinsamen Ableitung vereinigen. Verläuft die Stromwendung linear, so führt der Wendepol den halben Betriebsstrom. Seine Wicklung erhält deshalb nur den halben Kupferquerschnitt bei doppelter Windungszahl im Vergleich zu einer nach gewöhnlicher Bauart ausgeführten Maschine. Ist die Kommutierung schlecht, z. B. infolge Überlastung, so würden die aus den Bürsten $A$ und $B$ austretenden Ströme verschieden sein. Ist z. B. infolge beginnender Sättigung der Wendepole die Kompensation der Stromwendespannung zu gering, so tritt mehr Strom aus $A$ aus, dadurch wird der Wendepol mehr erregt. Die Kommutierung erhält eine Verbesserung in Richtung der linearen Stromwendung. Versuche an einer Maschine von 12,5 kW und 220 V haben bestätigt, daß die Anordnung den gewünschten Zweck erfüllt. Ein mit der Einrichtung versehener Umformer von 500 kW und 500 V lief noch bei dreifachem Normalstrom funkenfrei. Nach Ansicht des Verfassers eignet sich die Einrichtung für Maschinen, die starken Überlastungen ausgesetzt sind, und bei denen die Wendepole schon so gesättigt sind, daß der Überlastungsstrom noch nicht genügt, das erforderliche Wendefeld zu schaffen. — Martindale[10]) bespricht die Fehler der elektrischen Maschinen, die auf die Bürsten ungünstig einwirken. Es werden Methoden angegeben, wie man die Fehler auffinden und wie man ihnen abhelfen kann. Wenn auch die Abhandlung nichts Neues bietet, so kann sie doch dem Nichtfachmann, der mit den fraglichen Maschinenstörungen zu tun hat, als eine Zusammenstellung manche Anregung geben. — Leyerer[11]) erläutert den Einfluß der Sehnenwicklung bei Gleichstromankern auf Ankerrückwirkung, Bürstenstellung und Segmentspannung. — Hague und Schroeder[12]) geben die Verteilung des Feldes um die Leiter einer Ankerspule an verschiedenen Stellen der Spule auf Grund von Messungen.

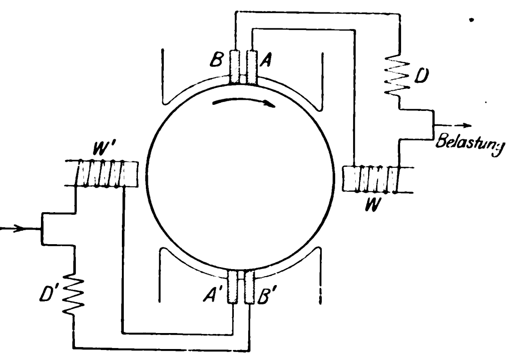


Abb. 3. Selbsttätige Stromwendung (nach ETZ 1916, S 39).

[1]) L. Adler, El. Kraftbetr. 1915, S 368. — El. Masch.-Bau 1915, S 593. — [2]) R. E. Hellmund, El. Rlwy. Jl. Bd 45, S 833. — [3]) R. E. Hellmund, El. Rlwy. Jl. Bd 45, S 937. — [4]) O. Krell, ETZ 1915, S 409, 424, 439, 465, 496. — [5]) C. W. Larson, Gen. El. Rev. 1915, S 264. — [6]) W. Linke, ETZ 1915, S 549. — [7]) El. Rlwy. Jl. Bd 45, S 679. — [8]) J. F. H. Douglas, El. World Bd 65, S 601. — [9]) M. Walker, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 872. — Engineering Bd 100, S 283. — [10]) E. H. Martindale, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 373. — [11]) Fr. Leyerer, ETZ 1915, S 524. — [12]) B. Hague u. F. F. H. Schroeder, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 959.

## Wechselstromerzeuger und Sychron-Motoren.

Von Dr.-Ing. F. Hillebrand.

### Theorie.

Die erschienenen Arbeiten beschäftigen sich vorzugsweise wieder mit Einzelheiten der festgefügten theoretischen Grundlage der Synchrongeneratoren und Motoren.

K. Sachs[1]) behandelt die Frage, wie bei Einphasengeneratoren die Ankerwicklung zu verteilen ist, um eine möglichst sinusförmige Spannungskurve zu erhalten. Durch teilweise Bewickelung der sonst freien Nuten und ungleichmäßige Drahtzahl in den Nuten läßt sich nach Belieben die 3., 5. oder 7. Oberschwingung der Spannungskurve beseitigen. Dagegen läßt sich eine gleichzeitige Beseitigung aller Oberschwingungen ohne besondere Formengebung der Polschuhe nicht erreichen. — W. Seemann[2]) sucht eine sinusförmige Spannungskurve bei Mehrphasen-Turbogeneratoren bei beliebiger Verteilung der Erreger- und Ankeramperewindungen durch eine richtige Kraftlinienverteilung am Umfange des Walzenläufers zu erzwingen. Diese Kraftlinienverteilung soll durch entsprechende Änderung des magnetischen Widerstandes — unrundes Abdrehen oder Ausstanzen des Läufers — erreicht werden. Ein Verfahren zur Bestimmung des jeweilig erforderlichen Luftspaltes wird angegeben. — In diesem Zusammenhange mag auf eine Arbeit von F. R. Bedell und F. M. Mizushi[3]) hingewiesen werden, die sich zwar nicht direkt mit der Synchronmaschine beschäftigt, aber doch in enger Verbindung damit steht. Bedell definiert die Bedeutung und Berechnung einiger Faktoren, durch die er die reine Sinuswelle in Beziehung zu einer beliebigen Wechselstromwelle setzt; neben dem Formfaktor und dem Scheitelfaktor führt er zur Charakterisierung der Welle den Abweichungsfaktor, harmonischen Faktor, Kurvenfaktor und Verzerrungsfaktor ein. — In einer anderen Arbeit behandelt er zusammen mit Mayer[4]) die Verzerrung einer Spannungskurve durch einen in Reihe mit der Belastung geschalteten induktionsfreien Widerstand mit positivem oder negativem Temperaturkoeffizienten. Hierdurch kann der Spannungskurve eine 3. Oberschwingung überlagert werden, deren Phase gegenüber der Grundwelle davon abhängt, ob das Widerstandsmaterial eine merkliche thermische Verzögerung gegenüber dem Heizstrom aufweist oder nicht. — R. C. Powell[5]) bespricht eine kombinierte Schaltung eines Synchrongenerators und Transformators, bei der die 3. Oberschwingung der Spannungskurve des Generators einen besonders hohen Ausgleichstrom im Transformator zur Folge hat. — K. Schmidt[6]) zeigt, wie bei den zur Erzeugung von Hochfrequenz gebräuchlichen Gleichpoltypen das günstigste Verhältnis von Polbogen zur Polteilung von der Größe des Luftspaltes abhängt und welchen Einfluß auf die Leistungsfähigkeit der Maschine die Wahl dieses Verhältnisses hat. In einer zweiten Arbeit[7]) weist er auf die zweckmäßigste Anordnung der Dämpferstäbe in den Polschuhen von Synchronmaschinen hin, bei der die Anker- und Zahnpulsationen die geringsten Verluste verursachen.

Mehrere Arbeiten behandeln die Pendelerscheinung von Synchronmaschinen. Rogowski[8]) beschreibt einen Fall selbsterregter Schwingungen eines Synchronmotors und entwickelt im Anschluß daran die Theorie der selbsterregten Schwingungen von Synchronmaschinen. Die Resultate stimmen mit dem früher von Dreyfus abgeleiteten Ergebnissen überein. — E. Boulardet[9]) entwickelt die Theorie von Pendelerscheinungen an Synchronmotoren, die durch Geschwindigkeitsschwankungen mehrerer parallelgeschalteter Netzgeneratoren hervorgerufen werden. — Den Parallelbetrieb von Wechselstromgeneratoren, die mit Verbrennungsmaschinen direkt gekuppelt sind, untersuchen R. E. Doherty und H. C. Lehn[10]). Im Anschluß hieran stellt Niethammer[11]) übersichtlich alle Gesichtspunkte zusammen, die bei Beurteilung der Frage des Parallelbetriebes von Wechselstromgeneratoren in direkter Kuppelung mit Verbrennungsmaschinen von Wichtigkeit sind.

A. Still[12]) behandelt kurz die Methoden zur Vorausberechnung des Spannungsabfalles von Synchronmaschinen und zeigt, wie mit Hilfe der zeichnerischen Darstellung der Amperewindungs- und Feldverteilungskurve im Luftraum jede gewünschte Genauigkeit bei Bestimmung des Spannungsabfalles erreicht werden kann. — A. Blondel[13]) beschäftigt sich ebenfalls mit dem Vektordiagramm der Synchronmaschine.

Eine mathematische Behandlung der kritischen Umdrehungszahl von Turbogeneratoren gibt O. Billieux[14]).

Den plötzlichen einphasigen Kurzschluß von Drehstrom-Synchrongeneratoren behandelt Biermanns[15]). Das durch die einphasige Ständerbelastung hervorgerufene Ständer-Wechselfeld läßt sich in üblicher Weise in zwei Drehfelder zerlegen. Das gegenläufige Drehfeld, gedämpft durch den massiven magnetischen Kreis, induziert in der Erregerwicklung einen Strom der doppelten Netzfrequenz, der wiederum in der Ständerwicklung eine Spannung der dreifachen Netzfrequenz hervorruft. Dieses Spiel wiederholt sich, so daß in der offenen Ständerphase Spannungen der 3., 5., 7. . . . . Frequenz auftreten, die gefährlich hohe Werte annehmen können, wenn die Maschine durch ein Kabelnetz kapazitiv belastet wird. Die Maximalwerte und der Verlauf des Kurzschlußstromes, des Erregerstromes und der Spannung der offenen Phase werden abhängig von der Streuung analytisch abgeleitet.

Zum Schluß möge auch an dieser Stelle auf die experimentelle Untersuchung von F. Newbury[16]) über die Temperaturerhöhung von Ankerspulen mit Glimmerisolierung hingewiesen werden. Die Versuche wurden an den Generatoren der Niagarafall-Zentrale durchgeführt und beweisen, daß Temperaturen von 150° C bei guter Glimmerisolation unbedenklich zugelassen werden können.

## Ausführungen.

Beschreibungen ausgeführter Maschinen finden sich wieder in großer Zahl. Deutlich ist das Streben nach immer größeren Einheiten, besonders beim Bau von Turbogeneratoren, zu erkennen. Wird doch jetzt in Amerika ernstlich der Bau eines Turbo-Generatorsatzes von 50000 kW in Erwägung gezogen[17]).

J. Körner[18]) beschreibt die von der Almenna-Swenska für die Kraftwerke der Riksgränsenbahn gelieferten Einphasenbahn-Generatoren (50 Perioden; 4000 V) von je 6250 kVA Dauer- und 10000 kVA Spitzenleistung. Mit Rücksicht auf die hohe Umfangsgeschwindigkeit (87 m/s bei 85% Tourenerhöhung) wurde der Läuferkern aus sechs je 10 t schweren Stahlscheiben zusammengesetzt. Die lamellierten Polschuhe tragen die schräg angeordneten Dämpferstäbe, deren Anzahl und Querschnitt mit der Ankernutenzahl bzw. dem Ankerwicklungsquerschnitt übereinstimmt. Die Ständerwicklung ist kurzschlußsicher versteift. Der maximale Kurzschlußstrom beträgt nach dem Oszillogramm bei 4000 V Leerlaufspannung den 15 fachen normalen Strom.

Bemerkenswert sind auch die sechs von der Almenna-Swenska[19]) für die Zentrale Saaheim (Rjukanfos) gelieferten Drehstromgeneratoren von je 19800 kVA Dauerleistung bei einem Leistungsfaktor von 0,65. Bei Vollast und $\cos \varphi = 1$ erreicht der Wirkungsgrad den Wert von 96,7%. Die im Kurzschluß gemessenen Kupferverluste übersteigen den gerechneten Wert nur um 35%.

Erwähnt sei noch die Beschreibung eines Turbogenerators für 5000 kW von Vickers[20]).

[1]) K. Sachs, El. Masch.-Bau 1915, S 601. — [2]) W. Seemann, ETZ 1915, S 97. — [3]) Fr. Bedell u. F. M. Mizushi, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 1051. — [4]) F. Bedell u. E. C. Mayer, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 177; Diskussion S 2584. — [5]) R. C. Powell, El. World Bd 65, S 157. — [6]) K. Schmidt, ETZ 1915, S 283. — [7]) K. Schmidt, ETZ 1915, S 197. — [8]) W. Rogowski, Arch. El. Bd 3, S 150. — [9]) E. Boulardet (nach Rev. él.), El. World Bd 66, S 875. — [10]) R. E. Doherty u. H. C. Lehn, Gen. El. Rev. 1915, S 167. — [11]) F. Niethammer, El. Masch.-Bau 1915, S 404. — [12]) A. Still, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 658, 691. — [13]) A.

Blondel (nach Ind. él.), El. World Bd 66, S 464. — [14]) O. Billieux (nach Lum. él.), El. World Bd 66, S 137. — [15]) J. Biermanns, Arch. El. Bd 3, S 354. — [16]) F. D. Newbury, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 2555. — [17]) A. Brückmann, Helios Fachz. 1915, S 589. — Electr. (Ldn.) Bd 76, S 123. — [18]) J. Körner, ETZ 1915, S 225. — [19]) Electr. (Ldn.) Bd 76, S 343. — [20]) Electr. (Ldn.) Bd 75, S 397.

---

## Induktionsmotoren und Drehtransformatoren.

Von Oberingenieur W. Zederbohm.

Wie schon in früheren Jahren, ist auch aus dem Jahr 1915 wesentlich Neues nicht zu berichten. Es werden immer wieder ältere Probleme aufgegriffen und teilweise auch auf neuem Wege behandelt. Besonders hinzuweisen ist auf das gänzliche Fehlen von Veröffentlichungen über Konstruktion und Ausführung.

**Theorie und Berechnung.** Die Abflachung der Feldkurven bei höheren Zahnsättigungen ist bekannt und von Arnold bereits für die Berechnung des Magnetisierungsstromes verwertet worden. Eine einfachere Methode wurde von M. Kloß entwickelt; wesentlich ist hier, nicht die Amplitude des Feldverteilungsdiagrammes zu benutzen, sondern die über $^2/_3$ sich erstreckende Kraftröhre. Für diese gab Kloß die Induktion in den Zähnen und dem Luftspalt, gleich der 1,27fachen der mittleren Induktion an. Parker Smith und Barling[1]) beschreiten mit geringen Abweichungen denselben Entwicklungsgang wie Kloß und kommen auch zu dem gleichen Resultat, also die Induktion bei $^2/_3$ der Polteilung zu wählen. Als Verhältniswert dieser zur mittleren Induktion geben sie den Wert 1,36 an. — Chapman[2]) zeigt an Oszillogrammen den Einfluß des durch hohe Zahnsättigungen hervorgerufenen dritten Oberfeldes auf die EMK- und Stromkurve und weist nach, daß bei Anwendung eines Käfigrotors diese dritte Oberwelle fast vollständig vernichtet wird. Zu diesem Nachweis wickelt er in die Nuten eines vierpoligen Drehstrommotors eine $3 \times 4$polige, also 12polige Hilfswicklung und zeigt oszillographisch das Verschwinden der durch das dritte Oberfeld in diese Hilfswicklung hineintransformierten EMK.

Auch die Streuung und deren Einfluß auf den Entwurf des Motors findet immer noch Bearbeiter. Metzler[3]) ermittelt mit Hilfe sämtlicher bekannter Streuungsrechnungen, wie z. B. der von Pichelmayer, Kloß, Goldschmidt, Hellmund, Rogowski, Hobart u. a. und unter mancherlei Annahmen und Vernachlässigungen eine einfache Formel für den Streuungsfaktor $\sigma$. Er stellt nochmals die bereits früher von Hoock[4]) angegebene und im JB 1912 besprochene Bedingung für den kleinsten Streufaktor: Stirnstreuung gleich Nutenstreuung auf. Mit dieser Formel leitet er eine Reihe verschiedener, für den Entwurf normaler Motoren brauchbarer Gleichungen ab und rechnet hiermit zwei Beispiele, einen kleinen Motor für 3,7 kW und 1500 Umdr., 50 Perioden und einen Motor für 750 kW und 375 Umdr. und 25 Perioden.

Das Kreisdiagramm gibt immer noch Anlaß zu Veröffentlichungen; teils werden allgemein verständliche Angaben für die Konstruktion schon bekannter Diagramme gemacht, wie dies Eardley-Wilmot[5]) für das einfache Heyland-Diagramm tut, oder es werden theoretische Erklärungen für gewisse Punkte gegeben, wie das durch Kafka[6]) als Ergänzung seiner früheren, im JB 1914 erwähnten Arbeiten geschieht. Hier werden die theoretischen Grundlagen des Kreispunktes für den Schlupf $\infty$ unter verschiedenen Bedingungen entwickelt.

Um für das Verhalten des Motors nicht immer das Kreisdiagramm zeichnen zu müssen, leitet Lyon[7]) aus dem Transformatordiagramm einige einfache Formeln ab, mit welchen alle wichtigen Daten schnell und verhältnismäßig genau berechnet werden können. Zu diesem Zweck schlägt er den durch Luft- und Lagerreibung hervorgerufenen Läuferstrom dem Ständerarbeitsstrom zu, und zerlegt den Ohmschen und induktiven Spannungsabfall im Ständer in zwei Kompo-

nenten, deren eine durch den Ständerarbeitsstrom, die andere durch den Magnetisierungsstrom hervorgerufen wird. Diese durch den Magnetisierungsstrom hervorgerufene Komponente des Spannungsabfalls liegt fast genau in Phase mit der Klemmenspannung; sie kann von dieser algebraisch abgezogen werden, so daß sich hierdurch sehr einfache Beziehungen für die wichtigsten Motordaten ohne große Fehler ergeben.

Für gewisse Betriebe, bei denen der Motor hohe Anzugsmomente entwickeln muß, nach der Beschleunigung der anzutreibenden Massen aber nur gering belastet ist, wird es gelegentlich erforderlich, den Motor für den Anlauf höher zu magnetisieren. Die ab und zu verwendete Dreieckschaltung für den Anlauf und Sternschaltung für den Betrieb ergibt für den ersten Augenblick einen äußerst großen Stromstoß. Diesen Anlaufstrom in vernünftigen Grenzen zu halten, ist der AEG[8]) durch eine Schaltungsanordnung gelungen, bei der eine Gruppe der einen Phase mit der Gruppe einer anderen Phase verbunden ist. Hierdurch wird erreicht, daß die Gruppenspannungen sich nicht algebraisch, sondern geometrisch addieren, die EMK der Phase also kleiner wird. Bei gleichen Gruppen beträgt die Flußsteigerung $2:\sqrt{3}$, das sind etwa 15,5%, die Steigerung des Anzugsmomentes etwa 30%. Die Anordnung ist ähnlich, wie sie Görges bereits für seine Gegenschaltung der Läuferwicklungen gegeben hat.

Bei der Bemessung von Kurzschlußläufern für gegebenen Schlupf hat man gewisse Freiheit in der Verteilung des Widerstandes auf Stäbe und Kurzschlußringe. Für den geringsten Materialaufwand solcher Motoren findet Fischer-Hinnen[9]) eine äußerst einfache Formel:

$$\alpha = \frac{\text{Querschnitt eines Ringes}}{\text{Querschnitt der (aller) Stäbe einer Nut}} = 0{,}3\,\frac{N}{p}\cdot\sqrt{\frac{\varrho_r}{\varrho_s}\cdot\frac{P_s}{P_r}}$$

wo $N$ die Nutenzahl, $p$ Polzahl, $\varrho$ spez. Widerstand von Ring ($r$) und Stäben ($s$) und $P_s$ und $P_r$ die Materialpreise in Mark/kg bedeuten. Wenn Ringe und Stäbe aus gleichem Material gefertigt sind, fällt der Wurzelausdruck weg.

Um den Drehstrommotor für schwere Fabrik- und Eisenbahnbetriebe möglichst verlustlos und ohne Steuerung im Arbeitsstrom regelbar zu machen, schaltet F. W. Meyer[10]) die Ständerwicklung mit der Läuferwicklung über einen Doppelgleichrichter in Reihe und erreicht mit dieser Anordnung ohne Kommutator das gleiche Verhalten wie beim Drehstrom-Nebenschlußmotor. Beim vollständig kompensierten Motor ist eine besondere Hilfswicklung für den Steuerstrom im Ständer nötig. Der Motor arbeitet hierbei bei allen Drehzahlen und Lasten mit Nebenschlußcharakteristik. Läßt man diese Hilfswicklung fort, überlagert in der Hauptwicklung Arbeitsstrom und Steuerstrom, und schafft außerdem verschiedene Windungszahlen im Ständer und Läufer, wie das für normale Spannungs- und Ausführungsverhältnisse üblich ist, so kann der Motor durch die nicht mehr vollständige Motorfeldkompensation eine gewisse Hauptschlußcharakteristik erhalten. In einfachen Überschlagsrechnungen werden die Regulierkurven einer solchen Anordnung theoretisch abgeleitet. Die Anwendung des Gleichrichter-Hilfsbetriebes soll außerdem bei Einphasen-Induktionsmotoren noch die Möglichkeit eines guten Anzugsmomentes erzielen.

**Polumschaltbare Motoren.** Polumschaltungen in einer Wicklung sind, soweit sie praktisch verwertet wurden, bisher für die Verhältnisse 1 : 2, 1 : 3 und 2 : 3 bekannt geworden. Für die Umschaltung der Sekundärwicklung eines Asynchronmotors mit zwei im Verhältnis 3 : 4 stehenden Polzahlen wurde der Maschinenfabrik Oerlikon[11]) ein Patent erteilt. Das Verfahren beansprucht nur 8 Schleifringe, die Umschaltung geschieht dadurch, daß in dem Läufer Mehrphasenströme verschiedener Phasenzahlen induziert werden, je nachdem der Ständer 6polig oder 8polig gespeist wird, und zwar werden im Läufer Zweiphasenströme induziert, wenn das Läuferfeld 6polig ist, und Dreiphasenströme, wenn der Läufer auf 8 Pole umgeschaltet wird.

**Drehtransformatoren.** In einer Dissertation klärt Harpuder[12]) die elektrischen Verhältnisse einphasiger Drehtransformatoren bei den verschiedenen Stellungen des beweglichen Teiles gegenüber dem festen. In der sehr eingehenden Arbeit sind drei Ausführungsarten behandelt, nämlich der Drehtransformator mit einer gegen die Primärwicklung um 90° verschobenen und kurzgeschlossenen Kompensationswicklung, ferner die Anordnungen nach DRP 207 270 und auch DRP 231 936. Der Drehtransformator nach DRP 207 270 (Felten-Guilleaume-Lahmeyer) hat die gleiche Wicklungsanordnung wie der zuerst genannte und wohl allgemein angewendete. Bei den beiden im Primärteil senkrecht aufeinanderstehenden Wicklungen wird jedoch keine betriebsmäßig kurz geschlossen, sondern beide — bei gleicher Windungszahl — an die Netzspannung gelegt. Der Drehtransformator nach DRP 231 936 (Bergmann) trägt eine normale Zweiphasenwicklung, die unter Reihenschaltung beider Phasen an die Primärspannung angeschlossen, während die veränderliche Sekundärspannung von einer der beiden Phasen abgenommen wird. Den beiden Wicklungen auf dem feststehenden Teil steht auf dem beweglichen Teil eine kurzgeschlossene Wicklung gegenüber, durch deren Verstellung die Regulierung erfolgt. Den Schluß der Arbeit bildet eine Untersuchung über die Abhängigkeit der Maße und Gewichte von der Polzahl bei einer bestimmten Leistung (100 kW) mit dem Schluß, daß bezüglich Gewicht und auch Preis keineswegs die Ausführung mit der niedrigsten Polzahl überlegen ist.

[1]) S. Parker Smith u. W. H. Barling, Electr. (Ldn.) Bd 74, S 42. — [2]) F. T. Chapman, Electr. (Ldn.) Bd 74, S 318. — [3]) K. Metzler, El. Masch.-Bau 1915, S 426, 437. — [4]) Hoock u. Metzler, El. Masch.-Bau 1915, S 587. — [5]) G. H. Eardley-Wilmot, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 476. — [6]) H. Kafka, El. Masch.-Bau 1915, S 301, 316. — [7]) W. V. Lyon, El. World Bd 65, S 1168, 1240. — [8]) AEG, DRP Kl. 21d, 287 322. — [9]) J. Fischer-Hinnen, El. Masch.-Bau 1915, S 29. — [10]) F. W. Meyer, ETZ 1915, S 338, 356. — [11]) Maschinenfabrik Oerlikon, DRP Kl. 21d, 286 224. — [12]) Max Harpuder, Die Induktionsregler für einphasigen Wechselstrom, Dissertation.

---

## Wechselstrom-Kommutatormotoren.

Von Oberingenieur M. Schenkel.

Die im Berichte des Vorjahres geschilderte Entwicklung: Verbreitung der Kommutatormaschinen in der Praxis und Abklärung des Gebietes durch alleinige Herstellung weniger, zweckmäßiger Typen, läßt sich auch für das Berichtsjahr 1915 erkennen. Beim Studium der Zeitschriften fallen gegenüber den früheren Jahren nicht nur die häufigen Anzeigen auf, durch die alle Firmen, die sich überhaupt mit dem Bau der Kollektormaschinen beschäftigen, deren Vorzüge bekannt machen, sondern auch die beiden Tatsachen, daß die Kommutatormaschinen am meisten für Sonderantriebe empfohlen, und daß die Drehstrom-Kommutatormaschinen offenbar überall bevorzugt werden.

Neue Maschinen bringt das Berichtsjahr nicht.

### Die Wechselstrom-Kommutatormotoren in der Praxis.

**Bahnmotoren.** Anger[1]) beschreibt Einphasen-Lokomotivmotoren für die Frequenz $16^2/_3$ und Stangenantrieb für Vollbahnlokomotiven, und zwar Ausführungen der Bergmann-EW., der SSW, der Maffei-Schwartzkopff-Werke und der AEG. Diese Motoren gehören zu den größten bisher gebauten; es enthält jede Lokomotive nur einen Motor, die Dauerleistungen übersteigen 700 kW. Bemerkenswert ist, daß alle Motoren Reihenschlußmotoren sind. Der Aufsatz enthält Abbildungen der Motoren, Schaltbilder und teilweise auch Schaulinien. — Niethammer[2]) schildert die Vollbahn-Lokomotivmotoren (Repulsions- und Reihenschlußtypen), die auf der Landesausstellung in Bern

gezeigt wurden, in einem Bericht über diese Ausstellung. — Kleinow[3]) bringt eine Beschreibung 12poliger doppelt gespeister Wechselstrombahnmotoren von 2 × 110 kW Dauerleistung für die Frequenz $16^2/_3$. Zur Funkenunterdrückung wird eine in drei Stufen veränderliche Spannung über eine Drosselspule zugeführt. Die Motoren sind konstruktiv dadurch interessant, daß je zwei Motoren in ein Gehäuse eingebaut sind.

**Ortsfeste Motoren.** Die Firma Brown, Boveri & Co. teilt auch in diesem Berichtsjahre wieder manches über ihre Kommutatormotoren mit: Eine Beschreibung[4]) der in verschiedenen Krananlagen verwendeten Repulsionsmotoren nebst ihren Bürstenverschiebungsvorrichtungen und Mitteilungen[5]) über ihren Dreiphasenkommutatormotor mit oben aufgebautem Zwischentransformator für den Antrieb von Spinnmaschinen. Hauptsächlich geschildert sind die neuesten konstruktiven Verbesserungen dieses Motors, die der Betrieb von Spinnmaschinen forderte. — Denselben Motor schildert auch Niethammer in dem oben schon genannten Bericht über die Landesausstellung in Bern. — Wolf[6]) beschreibt die Anwendung der Dreiphasen-Kommutatormotoren für den Fördermaschinenbetrieb mit ihren Steuerungen. — Brückmann[7]) behandelt die Verwendung der als Kollektormaschinen ausgeführten Phasenkompensatoren.

**Ausland.** England und Amerika standen bisher gegenüber Deutschland im Bau von Kommutatormaschinen sehr zurück. Daß aber jetzt auch in diesen Ländern das Interesse erwacht und zwar besonders für Mehrphasen-Kommutatormotoren, zeigen einige Veröffentlichungen. So werden in einer Arbeit von Shuttleworth[8]) Dreiphasen-Reihenschluß- und Nebenschlußmotoren sowie Kommutatorkaskaden in ihrer praktischen Anwendung behandelt. Der Verfasser kommt zur Ansicht, daß Kommutatormotoren bei der Frequenz 50 nur bis 55 kW wirtschaftlich, darüber hinaus zu teuer sind. Über 150 kW wird der Induktionsmotor mit Kommutatormotor in Kaskadenschaltung empfohlen. An anderer Stelle[9]) finden sich auszugsweise einige Notizen über die Verwendung von Dreiphasen-Kollektormotoren und Phasenkompensatoren in Amerika.

## Einphasen-Kommutatormotoren.

**Bahnmotoren. Funkenunterdrückung.** Ausgehend von den bisherigen Arbeiten über die Funkenunterdrückung bei einphasigen Bahnmotoren zeigt Vallauri[10]), daß man besonders in früheren Jahren der Beseitigung der „statischen Funkenspannung" (EMK der Ruhe) zu viel, der Beseitigung der „dynamischen Funkenspannung" (Stromwendespannung) zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt hat. Hierdurch ist man zu Schaltungen gelangt, die praktisch nicht brauchbar sind. Dahin gehört z. B. die Schaltung, bei der die ganze Kompensationswicklung eines Reihenschlußmotors an einen Teil der Motorklemmenspannung gelegt wird. Der Umstand, daß bei den neueren gut ausgenutzten Einphasenbahnmotoren hoher Leistung die Bedeutung der „statischen Funkenspannung" gegenüber der „dynamischen" noch mehr zurücktritt, rechtfertigt eine erneute Behandlung dieses alten Themas. Vallauri untersucht daher mehrere der in der Literatur bekannten Schaltungen zur Funkenunterdrückung. Er kommt schließlich zu dem Ergebnis, daß die theoretisch beste Funkenunterdrückung sich dann ergibt, wenn parallel zur Wendepolwicklung $W$ (also nicht zur Kompensationswicklung) ein regelbarer Widerstand geschaltet und diese Gruppe von einem dem gesamten Motorstrome proportionalen Strome durchflossen wird. Den letzten erhält man mittels eines Reihenschlußtransformators, der regelbar ist, Abb. 4. Die Regelung des Widerstandes und des

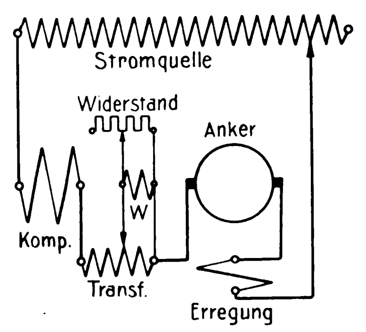


Abb. 4. Widerstand parallel zur Wendepolwicklung.

Reihenschlußtransformators entspricht der Veränderung der beiden Betriebsgrößen Stromstärke und Drehzahl. Die praktisch beste Schaltung ergibt sich hieraus durch Weglassen des Reihenschlußtransformators und Einstellen des Widerstandes auf einen festen Wert. Die Abweichungen der praktisch besten von der theoretisch besten Schaltung ergeben Rest-Funkenspannungen, die ohne Mühe von den Bürsten ertragen werden und für das Auge wenig oder kein Feuer erkennen lassen. — Die Schaltung genügt für den praktischen Drehzahlbereich; die Verluste im Widerstand betragen nur 1 bis 2% der Motorleistung. Experimentelle Ergebnisse bestätigen die theoretischen Schlüsse.

**Selbsterregung.** Ein Bericht[11]) beschäftigt sich mit der Beseitigung innerer Ströme bei mehrpoligen einphasigen Kollektormaschinen und mit der Selbsterregung. Voraussetzung zu deren Auftreten sind, daß die Maschine wenigstens 4 Pole, im Anker eine Parallelwicklung (Schleifenwicklung) und im Ständer parallele Zweige hat, derart, daß sich neben der ursprünglichen Polzahl durch die Selbsterregungsströme noch die Polzahlen 1/2 oder 1/3 oder 1/4 usw. ausbilden können. Da die Selbsterregung immer schädliche Wirkungen hat, wird vorgeschlagen, gleichnamige Kollektorbürsten nicht mehr unter sich unmittelbar zu verbinden, sondern jede Bürste einzeln mit der entsprechenden Ständerwicklung zu verknüpfen. Hierdurch wird am gewöhnlichen Verhalten der Maschine nichts geändert, jedoch die Selbsterregungsströme derart geleitet, daß sie diejenigen Felder, durch die sie hervorgerufen werden, selber vernichten.

## Ortsfeste Einphasenmotoren.

Fein[12]) bespricht ein Buch: Singlephase commutator motors von F. Creedy, das 1913 in London erschienen ist. Es wird hier der Vollständigkeit wegen nachträglich erwähnt. Der Repulsions-Reihen- und Nebenschlußmotor für Einphasenstrom werden darin behandelt.

**Repulsions-Induktionsmotor.** Hamilton[13]) beschreibt den in Deutschland unter diesem Namen bekannten Motor, der als Repulsionsmotor anläuft und von einer bestimmten Geschwindigkeit an durch Kurzschließen der Ankerwicklung in einen asynchronen Induktionsmotor verwandelt wird. Das Hauptgewicht der Darstellung ist auf das Verhalten als Induktionsmotor gelegt worden. Hierfür werden Berechnungsgang, Verlustquellen, Schaulinien und Abmessungen fertiger Motoren angegeben. Das Verhalten als Repulsionsmotor und der Übergang von der einen zur anderen Betriebsweise wird nur an Hand aufgenommener Schaulinien dargestellt.

Fynn[14]) sucht die praktischen Nachteile des einphasigen Induktionsmotors, den schlechten Leistungsfaktor und den schwachen Anlauf, zu beheben. Zu diesem Zwecke wird die Käfigwicklung des Läufers in dem Grunde der Nuten angebracht und über ihr getrennt durch eine „magnetische Brücke" eine an einen Stromabgeber angeschlossene Wicklung. Die letzte wird mit der Ständerwicklung so geschaltet, wie bei einem kompensierten Repulsionsmotor. Die Phasenverbesserung wird dadurch erzielt, daß nach dem Anlauf die sogenannten „Erregerbürsten" an einen kleinen Teil der Ständerspannung angeschlossen werden. Schaulinien ausgeführter Motoren sind gegeben. Das Anlaufmoment ist zwar nur 50% größer als das normale Drehmoment, bleibt dafür aber fast bis zur vollen Drehzahl konstant. Der Anlaufstrom ist etwa 3,5 mal so groß als der Normalstrom; der Synchronismus wird bei Leerlauf nur wenige Prozente überschritten.

## Mehrphasenstrom-Kommutatormaschinen.

Moser[15]) beschäftigt sich mit den geometrischen Orten für das Diagramm des Mehrphasen-Reihenschlußmotors. Die Arbeit ist durch die Verbindung interessant, die sie zwischen den für diesen Motor gültigen geometrischen Orten

und dem bekannten Heylandschen Kreis herstellt (Abb. 5). Wie bei den mehrphasigen Induktionsmotoren bestimmen der Magnetisierungsstrom $J_\mu$ und der größte Kurzschlußstrom $J_k$ — diesen erhält man bei der sog. „Kurzschlußstellung" aller Bürsten — einen Kreis. Die Arbeitspunkte des Motors liegen jedoch nicht auf diesem selbst wie beim Induktionsmotor. Liegt derjenige Arbeitspunkt $P_s$, der dem synchronen Lauf des Motors entspricht, innerhalb dieses Kreises, so ist der Anlauf stabil. Der Heylandsche Kreis wird daher zu einer Kennlinie für stabilen und labilen Anlauf und bekommt die Bezeichnung: Stabilitätskreis. Die Arbeitspunkte selbst liegen bei konstanter Klemmenspannung $\Delta$ und konstanter Bürstenstellung auf einem „Arbeitskreise", der durch den Koordinaten-Nullpunkt 0 geht. Außerdem ist dieser Kreis noch bestimmt durch den „Synchronismuspunkt $P_s$" — hier ist der Strom gleich $OP_s$ und die Phasenverschiebung $\varphi$ — und durch den „Stillstandspunkt" $B$, für den der Strom gleich $OB$ und die Phasenverschiebung gleich 90° ist. Jeder Bürstenstellung entspricht ein solcher Kreis. Alle Punkte $P_s$ liegen wieder auf einem Kreise, dem „Synchronismuskreis". Geschwindigkeit und Drehmoment sind in einfacher Weise an geraden Linien abzulesen, ähnlich wie es vom Heylandschen Diagramm her bekannt ist. Die Arbeit berücksichtigt die Streuung; am Schlusse steht auch einiges über den Einfluß der Sättigung. Widerstände und Verluste sind vernachlässigt. Die Ableitungen sind für Motoren mit einfachem und doppeltem Bürstensatz gegeben.

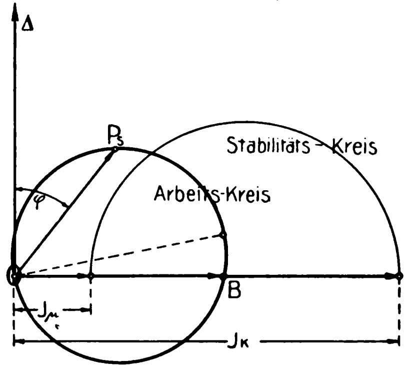


Abb. 5. Kreisdiagramm des Mehrphasen-Reihenschlußmotors.

M. Latour[16]) beschreibt Mehr- und Einphasenkollektormotoren, die zur Erzielung einer großen Leistung für den Pol bei wenig Bürstensätzen und kleinen Kommutatoren mit Ankerwicklungen versehen sind, mit denen man besonders kleine Strom-Wendespannungen erhält. Latour verwendet zwei Mittel, um dieses Ziel zu erreichen: 1. den Betrag der Stromwendung durch Anwendung von verhältnismäßig vielen Phasen zu verkleinern; 2. die Leiter, welche kommutieren, auf dem Ankerumfang zu verteilen, und zwar möglichst so, daß sich ständig in jeder Nut wenigstens ein kommutierender Leiter befindet. Derart gebaute Dreiphasen-Kommutatormaschinen besitzen bei einer Leistung von 350 kW eine synchrone Geschwindigkeit von 600 Umdr./min und arbeiten bei der Frequenz 50. Die Polleistung beträgt 35 kW. Der Rotor wird zwölfphasig gespeist. Die ganze Maschine müßte 60 Bürstensätze haben, von denen jedoch alle bis auf zwölf durch Anbringen zahlreicher Ausgleichsleitungen unterdrückt sind. Die zwölf Phasen werden aus Dreiphasenstrom durch geeignete Transformation hergestellt. Soweit es sich aus der Beschreibung erkennen läßt, werden diese Motoren weder für Anlauf mit großem Drehmoment, noch für weiten, ununterbrochenen Regelbereich gebaut. Es scheint vielmehr ihr Hauptzweck zu sein, große Leistungen mit hohen Drehzahlen zu erreichen. Denn zum Anlauf und bei sehr kleinen Drehzahlen schaltet Latour die Wicklungen des Ständers und der Primärseite des Transformators in Stern, nach dem Anlauf in Dreieck. Die Herabsetzung der Strom-Wendespannung durch beide Mittel läßt sich auch für Einphasenmaschinen ausführen, besonders bei solchen, in denen sich ein Drehfeld ausbildet. Latour gibt an, daß nach seinen Angaben 42periodige Einphasenmotoren mit einer Leistung von 150 kW als kompensierte Repulsionsmotoren ausgeführt worden seien.

Von Scherbius[17]) wird eine zur Kompensation der Phasenverschiebung von Induktionsmotoren dienende Nebenschlußmaschine beschrieben, die in Kaskade mit solchen Motoren geschaltet wird. Sie enthält eine den Anker voll-

kommen kompensierende und vom Hauptstrom durchflossene Ständerwicklung und eine Nebenschlußwicklung, deren induktiver Spannungsabfall ein bestimmtes Verhältnis zu ihrem ohmschen Abfall aufweisen muß. Anwendung soll sie da finden, wo der Leistungsfaktor des Induktionsmotors auch bei Leerlauf oder in dessen Nähe gleich eins sein soll. Die Maschine erhält keinen eigenen Netzanschluß und läuft mit beliebiger, nicht an die Frequenz des Netzes gebundener Drehzahl. Neben der reinen Nebenschlußerregung kann in bestimmten Fällen auch noch Hauptstromerregung angebracht werden.

Knight[18]) gibt eine einfache Erklärung der Phasenschieber ohne Felderregung und führt einen Vergleich ihrer Wirkungsweise mit der der Erregerdynamo einer Synchronmaschine durch.

Die mitunter bei Wechselstrom-Kollektormaschinen vorkommende Aufgabe, einer vom Betriebsstrome unabhängigen Erregung noch eine von ihm abhängige zu überlagern, behandelt Dreyfus[19]), indem er das Verhalten des dazu erforderlichen Reihenschlußtransformators darstellt. Es sei diese Arbeit wegen ihres Zusammenhanges mit den Kommutatormaschinen hier mit erwähnt.

[1]) Anger, Z. Ver. D. Ing. 1915, S 558. — [2]) Niethammer, El. Masch.-Bau 1915, S 365. — [3]) Kleinow, El. Kraftbetr. 1915, S 51. — [4]) El. Masch.-Bau 1915, S 575. — [5]) El. Masch.-Bau 1915, Anhang S 167. — [6]) Wolf, Helios 1915, S 432. — [7]) Brückmann, Helios 1915, S 365. — [8]) N. Shuttleworth, Electr. (Ldn.) Bd 74, S 664, 669, 860. — [9]) El. Kraftbetr. 1915, S 56. — [10]) R. Vallauri, El. Masch.-Bau 1915, S 230, 244, 257. — [11]) Helios 1915, S 611. — [12]) Fein (Creedy), ETZ 1915, S 574. — [13]) J. L. Hamilton, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 2389. — [14]) V. A. Fynn, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 2215. — [15]) R. Moser, El. Masch.-Bau 1915, S 101, 117, 205, 209. — [16]) M. Latour (nach Lum. él.), El. World Bd 66, S 598. — [17]) A. Scherbius, ETZ 1915, S 299. — [18]) Knight, El. World Bd 66, S 191. — [19]) L. Dreyfus, El. Masch.-Bau 1915, S 241.

## Drehumformer und Gleichrichter, Elektromagnete, Transformatoren.

Von Privatdozent Dr. Max Breslauer.

### Drehumformer.

Die Frage, welcher der drei Typen von Wechselstrom-Gleichstromumformern der Vorzug zu geben ist, scheint endgültig nur von Fall zu Fall entschieden werden zu können. So entscheidet sich Holmboe[1]) in der bemerkenswerten Beschreibung eines Umformers für 3000 kW zugunsten eines Motorgenerators. Als Grund wird angegeben, daß für elektrolytische Zwecke im vorliegenden Falle Spannungsregelung in weiten Grenzen erforderlich war, der Leistungsfaktor keine wesentliche Rolle spielte, daher asynchroner Antrieb. Ein Synchronmotor hätte die Gruppe um 18% verteuert. Letzterer Hinweis ist besonders lehrreich. — Dabei ist noch die sehr konservative Geschwindigkeit von nur 372 Umdr./min gewählt, was allerdings berechtigtes Erstaunen erwecken muß: es lag doch nahe, mit der Geschwindigkeit bis nahe an Turbodrehzahlen zu gehen, um an Kosten und Raum zu sparen. Freilich handelt es sich auf der Gleichstromseite um 6000 A bei 500 V, doch wäre diese Leistung mit 1000 Umdr. noch gut zu beherrschen gewesen. Es scheint in diesem Falle ähnlich zu stehen wie bei Einankerumformern, wo man sich ebenfalls von überkommenen Vorstellungen, betreffend Drehzahlen, nicht recht frei zu machen weiß. Bemerkenswert ist der Hinweis, daß die Luft in den Nuten nach Einlegung der Wicklung ausgepumpt wurde, und diese ganz mit Asphaltmasse ausgefüllt wurden, um schädliche Glimmentladungen zu vermeiden. Auch der Hinweis, daß die Lüftungsschlitze von Ständer und Läufer gegeneinander etwas versetzt angeordnet sind, um pfeifendes Geräusch zu vermeiden, wird Interesse erwecken. Der Motor ist vollkommen geschlossen und mit Gebläse gekühlt, dabei ist die aufgestellte Berechnung der erforderlichen Menge Kühlluft von Wichtigkeit,

da solche Rechnungen in der Praxis selten angestellt zu werden pflegen und auch in der Literatur nicht allzu häufig sind.

Ein Meinungsaustausch zwischen Ring und Bodenschatz[2]) dreht sich um die mehr oder weniger große Wichtigkeit des Magnetisierungsstromes des zu einem Einankerumformer gehörigen Transformators für die Bemessung der Fernleitung.

Shepard[3]) beschäftigt sich mit der theoretischen Prüfung der Vorgänge, während der Einankerumformer in seinen Synchronismus hineinspringt und dabei für den bestimmten Fall die entsprechende Polarität empfängt. Die Vorgänge werden stroboskopisch verfolgt, wobei das Übergleiten von einem Pol in den anderen tatsächlich beobachtet werden kann. Praktische Folgerungen werden hieraus aber nicht gezogen, etwa in der Richtung, wie man beim Anlassen zwangläufig sofort die richtige Polarität erhalten kann.

Für die weitere Fortbildung des Einankerumformers ist ein Bericht von Fynn[4]) von Wichtigkeit, welcher die Dämpferwicklung als richtige gewickelte Drehstromwicklung dreiphasig ausbildet. Beim Anlauf werden zwei Phasen kurzgeschlossen und dienen in bekannter Weise zum Ausgleich der Ankerrückwirkung, während die dritte Phase in Reihe mit dem Anker geschaltet wird und gestattet, die Maschine als Reihenmotor anzulassen. Sobald Synchronismus erreicht ist, wird natürlich auch die dritte Phase kurzgeschlossen. Es ist ersichtlich, daß auf diesem Wege gewisse Schwierigkeiten der Stromwendung umgangen werden können. Photos eines kleinen Typs der Wagner-Ges. in St. Louis, sowie Betriebsergebnisse werden mitgeteilt und besonders die gute Stromwendung hervorgehoben.

Die Aufgabe der Frequenzumformung durch fremdangetriebene Einankerumformer studiert Seiz[5]) in einer eingehenden Dissertation, welche zunächst die grundlegenden Eigenschaften dieser Art Umformung darstellt, die Stromwendung einer eingehenden Betrachtung unterzieht, die inneren Ströme und damit die erzeugte Stromwärme feststellt, endlich den Einfluß der verschiedenen Schaltungsarten auseinandersetzt, insbesondere den Unterschied zwischen Dreiphasen- und Sechsphasenschaltung. Schließlich findet man eine Untersuchung über die Anwendung derartiger Maschinen zur verlustlosen Regelung der Geschwindigkeit von asynchronen Motoren, sowohl bei direkter wie auch bei elektrischer Kuppelung von Motor und Frequenzumformer.

In diese Maschinengruppe gehören auch drehende Maschinen zur Verbesserung des Leistungsfaktors, die ja auch als eine Art Einankerumformer angesehen werden müssen. Wieder finden wir hier Scherbius[6]) als einen der erfolgreichsten Arbeiter auf diesem Gebiete. Er schaltet eine mehrphasige Nebenschlußkollektormaschine in Kaskade mit dem Hauptmotor, deren Ankerrückwirkung durch eine Ausgleichswicklung aufgehoben ist. Es wird an Hand von Diagrammen nachgewiesen, daß es möglich ist, mit dieser Maschine sowohl bei Leerlauf als auch bei Last volle Kompensation, also Leistungsfaktor 1, zu erzielen. Die Erreichung dieses Zieles ist auch bei Leerlauf erwünscht, weil solche Anlagen ja meistens zu dem Zwecke ausgeführt werden, um den Leistungsfaktor des Netzes selbst zu verbessern, ferner auch, um gleich günstige Verhältnisse zu erzielen, ob die Maschine als Motor oder als Generator arbeitet.

Einen ganz allgemeinen zusammenfassenden Bericht über die Frage der Phasenkompensation gibt eine Arbeit von Brückmann[7]), welcher auf Grund des Heylanddiagramms die Grundbedingungen aufstellt und dann schematische Anordnungen sowohl als auch Ausführungsbeispiele solcher Maschinen verschiedener Herkunft anführt.

## Ruhende Gleichrichter.

Über Quecksilbergleichrichter findet man im Berichtsjahre nur die Nachricht, daß die Phys.-Techn. Reichsanstalt[8]) eingehende theoretische und experimentelle Untersuchungen zur Erforschung der Theorie angestellt hat, welche die Berechnung und Aufnahme von Strom- und Spannungskurven in

verschiedenen Kombinationen mit Widerstand, Kapazität und Induktivität zum Ziele hatten.

Von sonstigen Mitteln zur Gleichrichtung findet man eine hochinteressante Mitteilung von S. Dushman[9]), welcher über eine neue Anordnung zur Gleichrichtung hochgespannter Ströme berichtet, die er mit dem Namen „Kenotron" bezeichnet. Sie besteht aus einer in eine hochentlüftete Glasröhre eingeschmolzenen hocherhitzten Kathode, welche von einer äußeren Stromquelle mit Niederspannung geheizt wird. Es werden besondere Ausführungsformen beschrieben, welche wesentliche Abweichungen von den bisherigen ähnlich konstruierten bieten, und als Erfolg wird angegeben, daß von einem Apparat 0,4 A bei 6600 bis 7000 V Gleichstrom erhalten werden konnte, also etwa 2,5 kW, so daß die Möglichkeit besteht, mit 100 Apparaten 1000 kW bei 50000 V als Gleichstrom für das Thurysche System zu verwenden. Ihre Anwendbarkeit auf die Röntgentechnik ergibt sich von selbst.

## Elektromagnete.

Die weitere Durchbildung der Kenntnis innerer Vorgänge während des Hubes von Tauchmagneten fördert Batcheller[10]) durch Versuche zur Bestimmung der „dynamischen Zugkraft", worunter die Zugkraft während der Bewegung des Kolbens verstanden wird im Gegensatz zur Zugkraft in der Ruhe bei gleichem Luftabstand und sonst gleichen Verhältnissen. Es wird ein Apparat beschrieben, mit dessen Hilfe es möglich ist, die Geschwindigkeit in jedem Zeitteilchen der Bewegung des Versuchsmagnets, welcher 26 mm Hub hat, festzustellen. Der Apparat besteht aus einer berußten, schnell drehenden Scheibe, an welcher ein mit dem Anker verbundener Schreibstift vorübergeht. Es wird gezeigt, wie aus der Differenz der Geschwindigkeiten vor und nach dem betrachteten Zeitpunkt die Zugkraft berechnet werden kann. Als Ursache für die zu beobachtenden Unterschiede erscheint die elektromotorische Gegenkraft, die in den Windungen erzeugt wird. Diese wird in etwas anfechtbarer Weise durch Induktivitäten berechnet. Die Arbeit erinnert an die im vorigen Jahre erwähnten Untersuchungen von Schüler, dessen Methode jedoch durch Einführung der physikalisch richtigen Größen wertvoller war.

In dankenswerter Weise regt Klingenberg[11]) an, die Ausbildung von Topfmagneten zur Herstellung künstlicher Gliedmassen in die Wege zu leiten. Er denkt dabei hauptsächlich an solche Kriegsbeschädigte, welche nach Verlust eines Armes noch den Stumpf bewegen können, über den eine Lederstulpe geschnallt wird, an welcher der Magnet als Ersatz für die Hand befestigt wird, um damit eiserne Werkzeuge greifen und bei geeigneter Konstruktion bewegen zu können.

Über Elektromagnete zur Entfernung von Eisensplittern aus den Augen findet man eine Beschreibung im „Helios"[12]), in welchem ein geeigneter Magnet zum Anschluß an 220 V Gleichstrom beschrieben wird, der vor allem die Bedingung leichter Einstellbarkeit in jeder Lage erfüllt. Zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit wird angeführt, daß die Zugkraft das 500fache des anzuziehenden Splitters erreicht. Die Tragkraft würde allerdings in diesem Falle keinen Maßstab ergeben. Dabei hat der Magnet trotz seiner freien Beweglichkeit das beträchtliche Gewicht von 95 kg.

Über das wichtige Gebiet der magnetischen Aufspannvorrichtungen findet man einige Angaben von Bedeutung bei Horner[13]), welche am Ende einer längeren illustrierten Artikelreihe über Schleifmaschinen zu finden sind. Es wird Berechnung und Bau solcher Aufspannvorrichtungen sowie deren „Klebkraft" erörtert. Einige hauptsächliche Formen werden entworfen und durch Abbildungen erläutert.

Eine nützliche Zusammenstellung aller für die Spulenberechnung erforderlichen Formeln bringt Hedges[14]). Wegen der klaren Darstellung der Verhältnisse ist die Arbeit beachtenswert. Vgl. hierzu auch George und Pender[59]).

Über Lasthebemagnete und ihre Verwendung in der Eisenhüttenindustrie findet man Angaben über die Tragfähigkeit in Dingl. polyt. Journ.[15]), welche gute Anhaltspunkte bieten; der dort abgebildete Hebemagnet weist folgende Zahlen auf:

| | Höchste Tragfähigkeit |
|---|---|
| Panzerplatten | 25000 kg |
| Blöcke | 10000 „ |
| Schienen | 5000 „ |
| Gutes Kernschrott | 1500 „ |
| Masseln und Gußbruch | 1000 „ |
| Gußspäne | 800 „ |
| Schwedisches Erz | 800 „ |
| Fallwerkskugeln | 8000 „ |

## Transformatoren.

**Theorie.** Einen breiten Raum in der diesjährigen Literatur nehmen theoretische Betrachtungen über die Zuverlässigkeit von Meßtransformatoren für Strom und Spannung ein. Hier ist zu erwähnen die Arbeit von Mc Naughton[16]), welche in sehr mathematischer Form den Einfluß von Hysterese und Wirbelströmen auf Übersetzungsverhältnis und Phasenverschiebung ableitet. Ein einfaches Verfahren zur Messung dieser Werte wird angegeben und die Ergebnisse in Kurvenform dargestellt. — Dieselbe Aufgabe behandelt Rosenbaum[17]) und Dawes[18]) unter Berücksichtigung der Streuung zwischen Primär- und Sekundärwicklung, wobei hervorzuheben ist, daß dieser Einfluß verschwindend klein ist. Ausführliche Berechnungen werden zur Beurteilung der Genauigkeit der Übertragung für Strom-, Leistungsmesser und Zähler bei verschiedenen Belastungen und Phasenverschiebungen gegeben. Auch von Nolen[19]) wird diese Aufgabe mit Hilfe graphischer Darstellung angegriffen, jedoch wird ihm mit Recht von Gewecke[20]) vorgeworfen, daß die Vernachlässigung der Eisensättigung sowie der Verluste gänzlich unzulässig ist und demnach seine Ableitungen nur den Wert der Lösung einer mathematischen Aufgabe haben. — Gewecke[21]) selbst stellt in sehr anschaulicher und ausführlicher Form den Einfluß der verschiedenen Störungserscheinungen graphisch dar und gibt an, wie diese Fehlerquellen aus Leerlauf-, Kurzschluß- und Widerstandsmessungen vorausbestimmt werden können. Dabei ist es interessant, zu beobachten, wie diese theoretische Arbeit ihren praktischen Ausdruck unmittelbar in derselben Nummer der ETZ in einer Anzeige einer Großfirma findet: in dieser werden Spannungswandler mit Kurven gezeigt, welche den prozentualen Fehler im Übersetzungsverhältnis bei verschiedenen Wechselzahlen und Belastungen angeben, wobei gleichzeitig die Phasenverschiebung berücksichtigt wird. Klein[22]) stellt sich die interessante Aufgabe, mathematisch abzuleiten, woraus die Abweichung der berechneten Erwärmungskurve selbstkühlender Öltransformatoren gegenüber der Beobachtung zu erklären ist; er gelangt zu einer „genaueren" Formel, welche den beobachteten Charakter solcher Erwärmungskurven allerdings besser wiedergibt.

Die Aufgaben, welche zu lösen sind, wenn ein Transformator durch Licht einseitig belastet wird oder eine seiner Phasen, wenn es sich um einen Drehstromtransformator handelt, bespricht Vidmar[23]) und stellt dabei fest, daß es sich da um recht bedeutsame praktische Schwierigkeiten handelt, deren mehr oder weniger völlige Beseitigung hauptsächlich durch Anwendung von Dreieck-Stern-Schaltung, bzw. bei Einphasenstrom durch Parallelschaltung der Hochspannungsspulen zu erreichen sein wird. Auch andere Mittel, wie die Anwendung der Zick-Zack-Schaltung usw. werden besprochen und auf ihre physikalischen Wirkungen, insbesondere auf Ausbildung eigentümlicher Streufelder untersucht.

Derselbe Verfasser[24]) macht darauf aufmerksam, daß außer den bekannten zusätzlichen Verlusten, welche durch die ungleiche Stromverteilung in größeren

Leiterquerschnitten von Wirbelströmen hervorgerufen werden, noch weitere zusätzliche Verluste dadurch zu erwarten sind, daß sich die Wärme innerhalb eines Leiters und innerhalb verschiedener Spulenlagen ungleich verteilt. Bei dicken Leitern wird also der Einheitswiderstand parallel geschalteter Stromfasern ein und desselben Leiters verschieden werden: es werden daher Ausgleichsströme in ganz ähnlicher Weise wie bei den durch Wirbelströme erzeugten Differenzen fließen. Diese Ströme berechnet Vidmar ausführlich und findet in einem Beispiel, daß sie die Kupferverluste um 22% erhöhen können. Man findet besondere Kühlvorschriften und ferner den interessanten Hinweis, daß diese Erscheinung bei Aluminiumspulen besonders hervortritt. — Auch über die Höhe der Wirbelstromverluste im Transformatorenkupfer selbst findet man von demselben Verfasser[25]) sorgfältige Überlegungen und Ableitungen. Vgl. auch Niethammer[26]).

Die Hoffnung Lißners[27]) mit seinen „neuen" Theorien die bisherigen, nach seiner Ansicht nicht einwandfreien Anschauungsweisen stürzen zu können, wird sich wohl kaum erfüllen.

Wer sich über das Auftreten von Überspannungen im Innern von Transformatoren unterrichten will, ferner seine Begriffe über die Kapazität von Hochspannungsspulen zu klären wünscht, sei besonders auf die Arbeiten von J. M. Weed[28]) und Biermanns[29]) hingewiesen. Das Ziel dieser Arbeiten ist, festzustellen, welche Isolatoren besonders für die Endspulen zur Begegnung des Einflusses starker Wanderwellen anzuwenden ist. Dabei begegnet man der Erscheinung der Kapazität von Hochspannungsspulen, durch welche Abweichungen von der gleichmäßigen Spannungsverteilung auf die Spulenlänge hervorgerufen werden. An Formeln und Kurven wird der tatsächliche Verlauf der Spannung gezeigt.

Peters[30]) geht von der bekannten Tatsache aus, daß durch die Eigenschaft des Eisens merkliche Abweichungen von der Sinuswelle im Felde eines Transformators erzeugt werden, welche ein besonders starkes Hervortreten der dritten Oberschwingung veranlassen. Er verfolgt nun die Wirkungen dieser Oberschwingungen für die verschiedenartigen Schaltungen von Mehrphasentransformatoren, indem er eine bestimmte Wellenform zugrunde legt, und zeigt u. a. auch den Grund, weshalb die dritte Oberschwingung bei dem dreiphasigen Kerntyp in Stern-Stern-Schaltung nicht auftreten kann. — Im Gegensatz hierzu findet Robinson[31]) gerade in dieser Schaltung gewisse Gefahren und behauptet auf Grund zahlreicher Oszillogramme, daß geradzahlige Oberschwingungen schwere Störungen hervorrufen können.

**Berechnung.** Auf dem Gebiete der Berechnung ist ein Ruhepunkt durchaus noch nicht erreicht. Die Bemühungen zur Aufstellung der Abmessungen für den zu einem bestimmten Zweck günstigsten Transformator geringster Kosten bei günstigem Wirkungsgrad und geringster Streuung dauern an.

Burnard[32]) bemüht sich, einige Kurven zu geben, welche auf Grund praktischer Erfahrungen den Zusammenhang zwischen Belastung und Verlust darstellen. Diese werden durch eine Kurve ergänzt, welche den Zusammenhang zwischen aktiven Materialkosten und Verlusten darstellt. Leider ist diese Arbeit, deren Grundgedanke wertvoll erscheint, dadurch unbrauchbar, daß sie nicht die neuen Eisensorten berücksichtigt. Der darin angegebene Apparat zur Aufzeichnung von Wirkungsgradkurven dürfte einiges Interesse erwecken; ähnliche Versuche sind jedoch auch schon von anderer Seite veröffentlicht worden.

Roger Chavannes[33]) vergleicht die Berechnungsmethode von Pohl und Bohle (ETZ 1905, S 897) mit Vidmar (El. Masch.-Bau, Nov. 1913) und begründet auf dieser Vergleichung die numerische Berechnung einiger Typen, ohne sich für die eine oder andere endgültig zu entscheiden. Ähnlich versuchen Cabot und Cairns[34]) in einem bemerkenswerten Artikel die Buchliteratur der letzten vier Jahre, sowie insbesondere Bohle und Robertson 1911, Hobart 1911, Ryan 1912, Barr und Archibald 1913, Gray 1913 und Pender 1914 miteinander zu vergleichen. Insbesondere vergleicht er die Methoden von Bohle und Robertson einerseits und Hobart anderseits. Die geringere Zahl von Annah-

men findet er bei den ersteren. Er betont, worin ihm wohl niemand mehr widersprechen wird, die Überlegenheit des Kreuzquerschnittes mit runden Spulen und die Verwendung von Kerntypen. Dabei ist bemerkenswert, daß auch er den Jochquerschnitt größer macht als den der Kerne und zwar im allgemeinen eine Verdoppelung vorsieht. In diesem Punkte gehen bekanntlich die Meinungen auseinander. Man findet an dieser Stelle auch eine Hervorhebung der Notwendigkeit, den Magnetisierungsstrom nicht übermäßig anwachsen zu lassen. Diese Betonung steht im Gegensatz zu der sich leider immer mehr einbürgernden Praxis, die Höhe des Magnetisierungsstromes als gleichgültig anzusehen und dadurch auf hohe Eisensättigungen zu gelangen. Die Verführung hierzu ist allerdings groß, da ja die Erwärmungsschwierigkeiten bei Ölanwendung keine Rolle mehr spielen und der Wirkungsgrad trotzdem günstig bleiben kann.

Bemerkenswert ist der Hinweis, daß zur Erzielung geringster Kosten an aktivem Eisen und Kupfer das Produkt der zwei Verhältnisse

$$\frac{\text{Kosten des aktiven Eisens/kg}}{\text{Kosten des aktiven Kupfers/kg}} \times \frac{\text{Füllfaktor d. Fe}}{\text{Füllfaktor des Cu}}$$

ungefähr gleich 0,5 sein soll. Bedenklich ist die Einführung einer „Kupferkonstanten“, lautend

$$C_c = \frac{\text{Leistung}}{\Delta^2 \cdot \text{Kupfergewicht}},$$

worin $\Delta$ = Stromdichte, durch welche die Temperatur des Kupfers festgelegt sei. Ohne Annahme der Abkühlungsverhältnisse erscheint dies doch wohl unzulässig. Wegen seiner kritischen Betrachtung eines großen Teils der Literatur ist dieser Artikel jedenfalls bemerkenswert.

Die Not der Zeit drückt sich in einem redaktionellen Artikel der ETZ[35]) aus, in welcher die Rückkehr zur Verwendung von Trockentransformatoren empfohlen wird, welche wegen der Teuerung des Öles, das jetzt vier- bis fünfmal höhere Kosten verursacht, sehr wohl wieder mit Öltransformatoren in Wettbewerb treten können, besonders da bei richtiger Bemessung der Kupferverbrauch nicht wesentlich höher ist. Dabei konnte darauf hingewiesen werden[36]), daß einer der größten je gebauten Transformatoren von nicht weniger als 60 t Gewicht in Amerika mit Trockenisolation bei künstlicher Luftkühlung gebaut wurde. Der Transformator hat allerdings nur 4000 kW, jedoch bei 10 Wechseln, was bei 100 Wechseln einer Leistung von 40000 kW entspricht.

In einer sehr bemerkenswerten Arbeit beschäftigt sich Ytterberg[37]) mit der Berechnung von Drosselspulen auf geringste Kosten; er hebt mit Recht die wachsende Bedeutung der Drosselspulen hervor und nimmt für sein Berechnungsverfahren in Anspruch, daß dieses dahin führt, ohne Probieren und Tasten sofort eine Drosselspule von kleinsten Kosten herauszufinden. Aus der Arbeit geht jedoch nicht klar genug hervor, welche Beschränkungen der Verfasser in bezug auf Verluste usw. sich auferlegt. Die Arbeit ist besonders bemerkenswert, weil auch die eisenlose Drosselspule in Betracht gezogen wird und ferner Drosselspulen mit und ohne Luftspalt verglichen werden, wobei ein Berechnungsbeispiel durchgeführt wird, an welchem in schlagender Weise die außerordentlichen Mehrkosten der eisenlosen Drosselspule zutage treten. Auch die Berechnung des Selbstinduktionskoeffizienten $L$ für Spulen mit und ohne Eisen aus den Abmessungen der Spulen selbst bei praktisch ausführbarer Bauart ist bemerkenswert, ebenso wie der Hinweis, daß unter Umständen die Verwendung weniger hochwertigen Eisens sowie die Einfügung eines Luftspaltes zur Vermehrung des magnetischen Widerstandes günstige Ergebnisse liefern kann. Anderseits geht jedoch aus dem Aufsatz hervor, daß durch Verwendung elektrolytisch reinen Eisens Vorteile erzielt werden können. Es sei auch noch auf Low[60]) hingewiesen.

**Betrieb. Öl.** Im Betriebe der Transformatoren spielt nach wie vor die Ölfrage eine Hauptrolle. Dies kommt auch in der diesjährigen Literatur zum deut-

lichen Ausdruck. Die Zahl der Arbeiten über Prüfung und Beurteilung der verschiedenen Ölsorten ist beträchtlich. Dinham-Peren[38]) gibt außer bemerkenswerten Berechnungen über die erforderliche Größe des Transformatorenhauses für Luftabfuhr und Kühlung eine Tabelle über die Bedingungen der zu wählenden Ölsorten und ein Verfahren zur Öltrocknung. Ausführlicher spricht sich Garrard[39]) über die Ölfrage aus und gibt eine Kurve über den Zusammenhang zwischen Durchschlagsfestigkeit und Feuchtigkeitsgehalt des Öles; dabei erörtert er die brauchbarsten Meßmethoden und empfiehlt die Verwendung einer Funkenstrecke zwischen Kugeln von 12,5 mm Durchm., trotzdem bei Verwendung von Spitze-Platte weniger Spannung erforderlich wäre und dadurch die Versuchsanordnung sich vereinfachen würde. Die Kugelfunkenstrecke hat jedoch den Vorteil, daß die erhaltenen Werte gleich in absolutes Maß umgerechnet werden können. Er empfiehlt die Öltrocknung mit Hilfe einer durch Abbildung dargestellten Filterpresse, erwähnt das übliche Verfahren, die Anwesenheit von Schwefel im Öl durch die Schwärzung einer Kupferplatte zu prüfen, und weist auf die geringere Bedeutung der Messung des Einheitswiderstandes und des Entflammungspunktes hin. Dabei ist die Bemerkung wichtig, daß häufig aus dem Isolationsmaterial des Transformators selbst Naphtha vom Öl gelöst wird, welches niedrigen Entflammungspunkt hat und zu Explosionen Anlaß gibt.

Ein Unterausschuß des Brit. Inst. El. Eng.[40]) berichtet über ausführliche Untersuchungen bezüglich der Ölfrage und widmet einen großen Teil seiner Betrachtungen der Schlammbildung. Er betont, daß diese, wie bekannt, um so größer ist, je größere Öloberflächen mit Luft in Verbindung treten. Dies führt dazu, die Transformatoren sorgfältig abzuschließen und das Öl nur in Ausdehnungsgefäßen auf einer verschwindend kleinen Fläche mit Luft in Verbindung zu bringen. Besonders bemerkenswert ist die Besprechung von Versuchsanordnungen, welche es erlauben, die Ursachen der Schlammbildung, welche in Wirklichkeit sich auf Jahre erstrecken, durch kurze Laboratoriumsmessungen zu erforschen, um hierdurch verschiedene Ölsorten bei verschiedenen Temperaturen einwandfrei den Betriebsbedingungen entsprechend zu vergleichen. Bemerkenswert ist auch der Vorschlag, das Öl unter einer Stickstoffatmosphäre zu halten, um auf diese Weise die Oxydation völlig zu vermeiden. Für die Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes soll maßgebend sein, daß das Öl bei $15^0$ $2.10^6$ $\Omega/cm^3$ Einheitswiderstand hat und bei 10000 V zwischen Nadelspitze und einer Scheibe von 12,5 mm in 2,5 mm Entfernung nicht durchschlägt.

Eine zusammenhängende Darstellung über die an gutes Öl zu stellenden Anforderungen und deren Prüfung findet man auch in einem Aufsatz des Helios[41]), welcher sich besonders an die Bedingungen der „Vereinigung der Elektrizitätswerke“ anlehnt und auch diese abdruckt.

Lawson[42]) hebt insbesondere die regelmäßige Überwachung der Ölsorten als Betriebsnotwendigkeit hervor. Zur Beseitigung der Feuchtigkeit werden Filterpressen beschrieben und Versuchsanordnungen auch zur Messung der Zähflüssigkeit (Viskosität) angegeben.

Endlich findet man noch bei Aikmann[43]) Angaben über Ölschlammbildung bei gleichzeitiger Besprechung der Widerstandsmethode zur Bestimmung der Temperatur. Versuche an einem 500-kW-Transformator werden angeführt und das Parallelarbeiten von Transformatoren vom Betriebsstandpunkte aus besprochen.

**Hochspannung.** Thompson und Stigaut[44]) behandeln die statische Aufladung der Niederspannungswicklung infolge der Kondensatorwirkungen zwischen Hochspannung und Niederspannung, wodurch erhebliche Gefahren verursacht werden. Als Abhilfe wird empfohlen, die Mitte oder eine der Klemmen zu erden. Auch die Anwendung einer Vielfach-Luftstrecke wird erwähnt und dabei hervorgehoben, daß deren Anwendung der Erdung vorzuziehen ist.

Zum Schutz gegen Kurzschlüsse sowie gegen Überspannung durch Hochfrequenz führt sich die Anwendung von Drosselspulen immer mehr ein, besonders in Amerika. In einem Aufsatz der El. World[45]) wird die praktische Ausbildung

solcher Drosselspulen beschrieben und gleichzeitg deren günstige Wirkung auf den Schutz von Speiseleitungen, Generatoren, Transformatoren und Sammelschienen hervorgehoben. Es sind dies jene Spulen mit Porzellanverkleidung, welche bereits in El. World vom 21. 12. 1912 abgebildet wurden. Von Zahlenangaben ist bemerkenswert, daß die innere Reaktanz der Generatoren von etwa 10% im allgemeinen nicht genügt, und daß man insbesondere bei Dampfturbinen, wo große Schwungwirkungen in Frage kommen, durch solche Drosselspulen auf etwa 15% zu gelangen trachtet. Wichtig ist die Angabe der verschiedenen Schaltungsmöglichkeiten für Sammelschienen und Speisepunkte und die Bemerkung, daß solche Drosselspulen sich dadurch zum Teil bezahlt machen, daß die Schalter kleiner gebaut werden können und weniger Platz beanspruchen. Auch ist die Bemerkung wichtig, daß derartige Drosselspulen, insbesondere für den Schutz von Speiseleitungen für einzelne Private wertvoll sind, da dort erfahrungsgemäß die Aufsicht mangelhaft ist und die an solchen Stellen auftretenden Mißstände sich leicht im Netz fortpflanzen könnten. — Näheres über Betrieb und Aufbau solcher Drosselspulen berichtet Palme[46]), welcher Ausführungen von BBC, Westinghouse und der Newyork Edison Co. vergleicht und beschreibt. Aus dem theoretischen Teil dieser Arbeit sei besonders die Ableitung des Kraftflusses einer eisenlosen Spule, wie solche durchweg für den vorliegenden Zweck verwendet werden, erwähnt, weil diese sich den besonderen Gepflogenheiten des technischen Rechnens gut anpaßt. Hiernach ist bei einem solchen Solenoid der alle Windungen umschlingende äquivalente

$$\text{Kraftfluß} = \frac{I \cdot W \cdot d}{K \cdot 2{,}54},$$

worin $I$ = Strom in Ampere, $W$ = Windungszahl, $d$ = Innendurchmesser der Spule in cm und $K = 0{,}125 + 0{,}28 \frac{L}{D}$,

wobei $L$ die Höhe und $D$ der mittlere Durchmesser der Spule in cm.

Aus diesem so berechneten Kraftfluß kann die Spannung an einer solchen eisenlosen Spule nach der üblichen Transformatorenformel berechnet werden. Die Einzelheiten des Aufbaues werden in sehr interessanter Form dargestellt und die Schwierigkeiten dieses scheinbar so einfachen Apparates, wie ungleiche Stromverteilung innerhalb der Leiter, starke äußere Felder, starke mechanische Beanspruchung usw., auseinandergesetzt. Auch die Literaturzusammenstellung am Schluß leistet wertvolle Dienste.

**Schaltungsfragen.** G. P. Roux[47]) berichtet über die Möglichkeit, ein Zweiphasensystem mit einem Dreiphasensystem parallel zu schalten. Er schaltet einen passend gewickelten Autotransformator zwischen beide Generatoren und zeigt, daß dann von den vier Sammelschienen nach Belieben dreiphasige oder zweiphasige Speiseleitungen abgenommen werden können. Die interessante Schaltung ist eine Weiterbildung der bekannten Scottschen Schaltung und ist aus Abb. 6 u. 7 ohne weitere Erklärung verständlich.

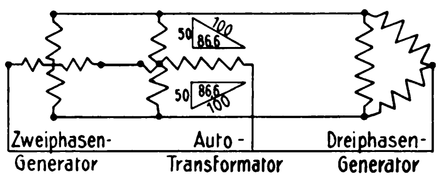



Abb. 6.

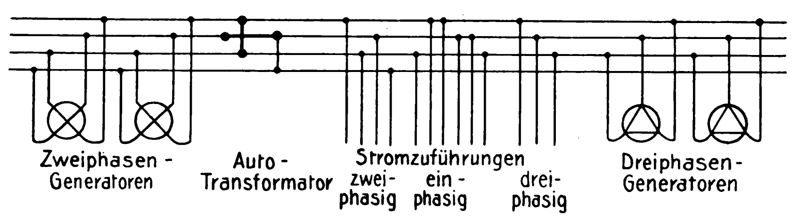



Abb. 6 und 7. Parallelschaltung von Zwei- und Dreiphasensystemen.

Derselbe Verfasser[48]) spricht über die Verwendung zweier Transformatoren in der sog. offenen Dreieckschaltung und zeigt, welche Mehrbelastung sich daraus ergibt.

M. Weed[50]) beschäftigt sich mit der viel verhandelten Frage über das Auftreten von starken mechanischen Kräften in Transformatoren. Die Formeln für die Berechnung dieser Kräfte werden gegeben und in verdienstvoller Weise gezeigt, daß sie mit den angestellten Versuchen hinreichend übereinstimmen. — W. S. Moody[51]) berichtet kurz über die verschiedenen Kühlmethoden von Transformatoren und veröffentlicht die Photos einiger Ausführungen der General El. Co. in Amerika. — Edler[52]) berichtet über Fortschritte im Transformatorenbau ganz allgemein, indem er zunächst einige elementare Ableitungen gibt und sodann im wesentlichen über Einzelheiten im Aufbau spricht. Unter diesen wird die Bedeutung des „Ölkonservators" von SSW, welcher dazu dient, den eigentlichen Ölraum ständig unter dem Ölabschluß zu halten, welcher durch das angebliche Hilfsgefäß hergestellt wird. Es werden die verschiedenen Schaltungsarten besprochen, Gewichte und Preise angegeben, auch findet man nützliche Kurven über Öl- und Kühlwassermenge. Besonders ist die reichliche Menge guter Photographien und Schaltbilder hervorzuheben.

Die häufig in der Literatur auftretende Frage über die Folgen des Schadhaftwerdens eines Transformators, wenn drei Transformatoren in Dreieck geschaltet sind, bespricht Jakobsen[49]) in ausführlicherer Weise, indem er gleichzeitig den Fall allgemein mathematisch behandelt und dabei zu dem Ergebnis kommt, daß der Betrieb möglich ist, jedoch jeder der beiden übrigbleibenden Transformatoren etwa 15,5% mehr Leistungsfähigkeit erforderlich macht.

**Bau.** Von besonderen Ausführungen wurde bereits oben der große Transformator der General El. Co.[36]) erwähnt. Dieser Transformator ist wegen seiner geringen Wechselzahl bemerkenswert und dient zur Speisung eines Induktionsofens. Es zeigt sich dabei, welch gewaltige Abmessungen für derartige geringe Wechselzahlen erforderlich sind. — Von Interesse ist die Veröffentlichung der Außenmaße eines Prüftransformators von Örlikon[53]) für 500000 V, dessen Spannung sich noch auf 600000 V erhöhen läßt. Bei einer Höhe von 3,6 m und einem Außendurchmesser des Ölbehälters von 3,3 m wiegt dieser Transformator 10 t. Von Interesse ist die an dieser Stelle veröffentlichte Beziehung zwischen Funkenlänge und Spannung wie folgt:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Funkenlänge . | 244 | 514 | 774 | 1050 | 1320 | 1580 | 1850 mm |
| Spannung . . | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 kV. |

Oszillogramme des Spannungsverlaufes vor und während der Entladung werden mitgeteilt.

Eine bemerkenswerte Hochleistung stellt der Transformator der AEG[54]) von 22000 kW für 83,2 kV Oberspannung dar. Die Wicklung ist doppeltkonzentrisch ausgeführt, d. h. zuerst Niederspannung, dann Hochspannung und zuletzt wieder Niederspannung. Es ist eine Kernform, aus 3 Säulen bestehend, mit einer besonderen Ölkühlanlage außerhalb des Transformators, in welcher umgekehrt zum sonstigen Verfahren die Kühlschlange das Öl führt und dabei sich in einem gemauerten Wasserbehälter befindet. Da das Öl unter Druck steht, so kann selbst bei Undichtigkeiten niemals Wasser ins Öl treten, sondern nur umgekehrt Öl ins Wasser. Der Wirkungsgrad wird mit 99,2% angegeben.

Die Erweiterung der New York-, New Haven- und Hartford-Eisenbahn[55]) erforderte die Aufstellung von Autotransformatoren zur Erhöhung der Spannung von 11 auf 22 kV, deren Mittelpunkt geerdet wurde. Bemerkenswert ist, daß auch diese Größen, welche nicht weniger als 5500 kW leisten, mit Luftkühlung ausgeführt sind. Der Aufbau besteht lediglich aus Eisenkonstruktion und Stahlblechen unter Vermeidung von Gußeisen.

**Verschiedenes.** Das Übergreifen des Dynamobaues auf Gebiete, welche bisher mehr physikalischen und Laboratoriumscharakter trugen, kennzeichnet

sich in einer Veröffentlichung von Farny[56]), worin ein Spezialtransformator in Mantelform beschrieben ist, der durch Vermittlung einer Dynamo mit spitzer Kurvenform Röntgenröhren zu speisen bestimmt ist. Zweck des Aufbaues war die Erzielung geringer Kapazität, da es bisher nicht gelingen wollte, Ströme von mehr als 1,5 mA ohne negatives Licht mit Hilfe dieser Maschine zu erzeugen, was durch oszillatorische Entladung infolge der Kapazitätswirkung erklärt wird. Die Abmessungen dieses Transformators werden gegeben, wobei bemerkenswert ist, daß in der Hochspannungswicklung nur 10540 Windungen verwendet werden. — Dabei wird allerdings nichts über die Härte der Röhre erwähnt. Immerhin ist es von Interesse, daß auf diesem Gebiete ein offenbares Fortschreiten festgestellt werden kann.

Ebenso siegreich ist die Starkstromtechnik bekanntlich auf dem Gebiet der Hochfrequenz gewesen. Hier ist die Arbeit von Jonas[57]) bemerkenswert, der aus dem bekannten Sättigungstransformator, welcher zur Frequenzverdopplung dient und sich bereits in der Funkentelegraphie eine gefestigte Stellung erworben hat, ein neues Prinzip herleitet, indem er parallel zur Primärwicklung Ventilzellen schaltet, die den Stromdurchgang in einer Richtung freilassen und dabei den einen Transformator kurzschließen, in der nächsten Halbwelle aber dies für den andern Transformator hervorrufen, so daß sich tatsächlich ebenfalls eine Verdopplung ergibt und zwar ohne Vermittlung hoher einseitiger Sättigung, die der Verwendung im Hochfrequenzkreise ungünstig ist. Er verwendet Quecksilbergleichrichter, vermeidet aber gewisse Kurzschlußwirkungen, die mit der Verwendung solcher Apparate verknüpft sind, durch Einfügung sog. magnetisch gesteuerter Sperrzellen, deren Konstruktion er freilich etwas im Dunkeln läßt. Es scheint sich dabei um magnetische Beeinflussung des Lichtbogens zu handeln, welche durch einen mit Gleichstrom erregten und von Wechselstrom verschobener Phase durchflossenen Magnet bewirkt wird. Die Verwendung solcher Magnete im Hochfrequenzkreise würde freilich wieder die Sättigung dort einführen, wo sie vermieden werden sollte, doch wird man mit einer Kritik dieser Vorschläge ohnehin zurückhalten müssen, da viele Vorgänge ausdrücklich vom Verfasser späteren Veröffentlichungen vorbehalten bleiben sollen.

Eine bemerkenswerte Untersuchung über den Bau von Hochfrequenztransformatoren mit Eisen bringt Kühn[58]). Überschlägt man in dieser Arbeit die für den Techniker unbrauchbaren mathematischen Ableitungen, so findet man in den letzten vier Spalten sehr beachtenswerte Angaben über die in Betracht kommenden Entwurfsunterlagen. Z. B. eine Induktion von $B = 400$, Stromdichte = 2, Füllfaktor der Litze = 0,8, Blechstärke = 0,05 mm, Eisenfüllfaktor = 0,45, Spannung einer Windung = 8,4 V, Blechpreis = 55 M/kg, Litzenpreis = 27,5 M/kg, Eisenverlust = 6,4 W/kg bei $B = 400$ und 60000 Wechseln, für 100 kW Leistung und Sparschaltung mit Übersetzung 1 : 1,74.

[1]) C. F. Holmboe, ETZ 1915, S 533. — [2]) Bodenschatz u. H. Ring, ETZ 1915, S 70. — [3]) E. R. Shepard, El. World Bd 65, S 210. — [4]) V. A. Fynn, El. World Bd 66, S 1045. — [5]) W. Seiz, Dissertation Karlsruhe 1914. — [6]) A. Scherbius, ETZ 1915, S 299. — [7]) Brückmann, Helios 1915, S 365. — [8]) Phys.-Techn. Reichsanstalt, Z. Instrk. 1915, S 108. — [9]) S. Dushman, Gen. El. Rev. 1915, S 156. — [10]) B. C. Batcheller, El. World Bd 65, S 1037. — [11]) G. Klingenberg, ETZ 1915, S 661. — [12]) Helios Exportz. 1915, S 653. — [13]) J. Horner (nach Engineering), El. World Bd 66, S 250. — Mitt. BEW 1915, S 58. — [14]) G. L. Hedges, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 2595. — [15]) Dingl. polyt. Jl. 1915, S 176 (nach Schiffbau 1914, S 126). — [16]) A. G. L. Mc Naughton, Electr. (Ldn.) Bd 74, S 733. — [17]) M. Rosenbaum, Electr. (Ldn.) Bd 74, S 626. — [18]) Ch. L. Dawes, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 927. — [19]) H. G. Nolen, ETZ 1915, S 272. — [20]) Gewecke u. H. G. Nolen, ETZ 1915, S 490. — [21]) H. Gewecke, ETZ 1915, S 253. — [22]) J. Klein, El. Masch.-Bau 1915, S 217. — [23]) M. Vidmar, El. Masch.-Bau 1915, S 65, 82, 92. — [24]) M. Vidmar, El. Masch.-Bau 1915, S 457. — [25]) M. Vidmar, El. Masch.-Bau 1915, S 577, 589. — [26]) F. Niethammer, El. Masch.-Bau 1915, S 613. — [27]) J. Lißner, El. Masch.-

Bau 1915, S 153. — [28]) J. M. Weed, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 1621. — [29]) J. Biermanns, Arch. El. Bd 4, S 36. — [30]) J. F. Peters, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 1657. — [31]) L. N. Robinson, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 1675. — [32]) W. C. Burnard, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 10, 701. — [33]) Roger Chavannes, Bull. Schweiz. EV 1915, S 17. — [34]) S. Cabot u. C. F. Cairns, El. World Bd 66, S 459. — Electr. (Ldn.) Bd 75, S 944. — [35]) ETZ 1915, S 453. — [36]) Gen. El. Rev. 1915, S 89. — [37]) A. Ytterberg, ETZ 1915, S 309, 325. — Metzler u. A. Ytterberg, ETZ 1915, S 461. — [38]) A. E. H. Dinham-Peren, Electr. (Ldn.) Bd 73, S 1000. — [39]) C. C. Garrard, Electr. (Ldn.) Bd 73, S 797. — [40]) Electr. (Ldn.) Bd 74, S 657. — [41]) Helios Exportz. 1915, S 365; Jl. Inst. El. Eng., Jan. 1915; El. World Bd 65, S 345. — [42]) C. L. Lawson (nach El. Journal), El. World Bd 65, S 1175. — [43]) A. N. Aikman, El. World Bd 66, S 1209. — [44]) J. L. Thompson u. S. A. Stigaut, El. World Bd 65, S 346. — [45]) El. World Bd 65, S 945. — [46]) A. Palme, El. Masch.-Bau 1915, S 412, 426. — [47]) G. P. Roux, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 1683. — [48]) G. P. Roux, Gen. El. Rev. 1915, S 52. — [49]) B. F. Jakobsen, El. World Bd 66, S 17. — [50]) J. M. Weed, Gen. El. Rev. 1915, S 60. — [51]) W. S. Moody, Gen. El. Rev. 1915, S 839. — [52]) R. Edler, Helios Fach- u. Exportz. 1915, S 1, 23, 61, 81, 111, 181, 211. — [53]) ETZ 1915, S 584. — [54]) ETZ 1915, S 515. — [55]) El. World Bd 65, S 491. — [56]) J. L. Farny, Bull. Schweiz. EV 1915, S 1. — [57]) J. Jonas, El. Masch.-Bau 1915, S 17, 33. — [58]) L. Kühn, Helios Fachz. 1915, S 469, 477, 488, 501. — [59]) E. E. George u. H. Pender, El. World Bd 65. S 529. — [60]) A. R. Low, Jl. Inst. El. Eng., 1. 4. 15. — El. World Bd 65, S 1116.

## Messungen an elektrischen Maschinen.

Von Ingenieur Heinr. Bodenschatz.

Die großzügigen Untersuchungen während der Vorjahre zur experimentellen Ermittelung der Totalverluste an elektrischen Maschinen scheinen zu einem gewissen Abschluß gebracht zu sein. Das Bestreben, die Bestimmung der Wellenverdrehung zu benutzen, um die auf die Wellen ausgeübten Momente zu ermitteln, wurde durch einige Arbeiten gefördert. Weitere, wesentliche Arbeiten verfolgen den Zweck, bestehende Meß- und Prüfmethoden durch genauere zu ersetzen, bzw. zu vereinfachen.

**Drehmoment und Leistung.** Bei der Messung von Drehmomenten durch Torsionsdynamometer (dünne, elastische Wellen, deren Torsionswinkel gemessen

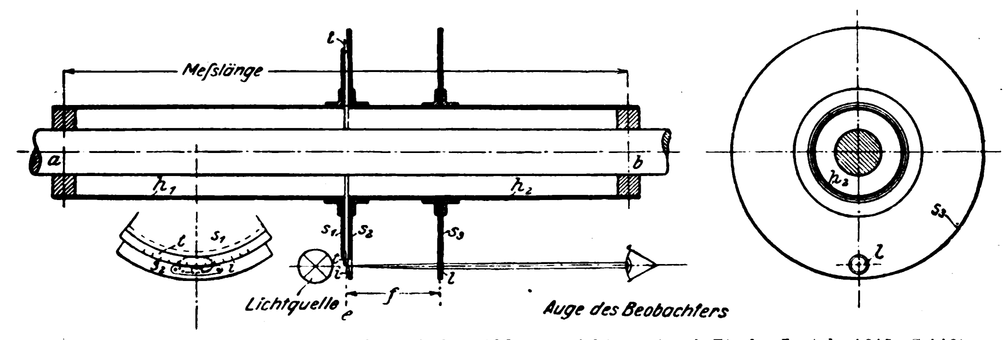



Abb. 8. Torsionsdynamometer mit optischer Ablesevorrichtung (nach Ztschr. Instrk. 1915, S 143).

wird) besteht die Hauptschwierigkeit in der Ablesung der sich drehenden Teilung. Vieweg[1]) verwendet dazu ein mit dem Dynamometer umlaufendes Linsensystem, dessen Achse parallel der Drehachse ist und in dessen Brennebene die zu betrachtende Teilung und der Index angeordnet sind. $a$ und $b$ in Abb. 8 sind die sich verdrehenden Querschnitte des Wellenstückes, deren gegenseitige Verdrehung durch die Hülsen $h_1$ und $h_2$ und die Scheiben $s_1$ und

$s_2$ in eine Ebene gebracht wird. $s_1$ trägt die durchsichtige Teilung $t$, $s_2$ den Zeiger $i$. Scheibe $s_3$ trägt die Linse $L$. Ein parallel der Drehachse blickendes Auge erblickt ein ständiges deutliches Bild der Teilung.

Zur Bestimmung der Winkelabweichung parallel arbeitender Generatoren bringt Geiger[2]) einen Torsiograph auf den Markt, bestehend aus einer leichten Riemenscheibe, die durch Bandantrieb von der zu untersuchenden Welle angetrieben wird und infolge ihrer geringen Masse allen Wellenschwingungen zu folgen vermag. Im Innern dieser Scheibe ist, in Kugeln gelagert, eine Schwungscheibe derart elastisch mit der Riemenscheibe verbunden, daß sie bei allen Schwingungszahlen genau gleichmäßig rotiert. Die relativen Verdrehungen, welche durch ein Hebelwerk auf einen Schreibhebel übertragen werden, geben direkt die Winkelabweichung.

Auf der Messung der Wellenverdrehung beruht auch eine Anordnung der SSW[3]) zur Bestimmung der mechanischen Arbeit einer umlaufenden Welle. Ein Stromerzeuger beliebiger Bauart und eine aus zwei Kollektoren bestehende Kontaktvorrichtung, welche derart auf die Erregung des Stromerzeugers einwirkt, daß die Erregerenergie der jeweiligen Wellenverdrehung entspricht, werden mittelbar oder unmittelbar mit der Welle gekuppelt (Abb. 9). Ist keine Verdrehung vorhanden, so ist die Erregerquelle dauernd über die Verbindungen 18, 19 geschlossen. Bei Verdrehung werden die Verbindungen 18, 19 abwechselnd unterbrochen und durch die Erreger. wicklung ein der Verdrehung proportionaler Wellenstrom geschickt. Die Spannung des Stromerzeugers gibt also direkt ein Maß für das übertragene Moment.

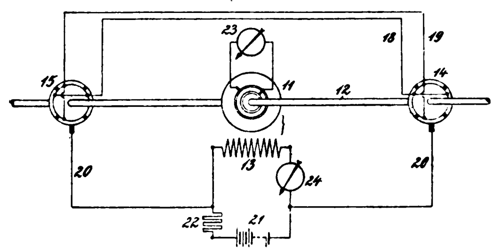


Abb. 9. Arbeitsmessung. (Helios, Fach- u. Exportz. 1915, S 189, Fig. 1.)

**Verluste.** Zwecks mittelbarer Ermittelung der Verluste in Spulen bei Hochfrequenz gibt Hund[4]) eine Differentialmethode zur Messung des effektiven Widerstandes und der effektiven Induktivität an. Das Prinzip der Schaltung gibt Abb. 10. $P_1$ und $P_2$ sind gegeneinander gewickelte Primärspulen des Transformators, $L'$ die Vergleichsspule, $L$ die zu untersuchende Spule, $w_1$ und $w_2$ Gleitwiderstände mit Gleitkontakt. Die Sekundärspule des Transformators wird stromlos sein, wenn die beiden Primärzweige auf gleichen Widerstand und auf gleiche Induktivität abgeglichen sind. Dann ist $R = R' + w_2 - w_1$ und $L = L'$. Bei hohen Frequenzen stört die in der Vergleichsspule auftretende Stromverdrängung. Indem man eine veränderbare Kapazität in Reihe mit einem veränderbaren ohmschen Widerstand parallel zur Versuchsspule schaltet, läßt sich die veränderbare Induktivität $L'$ umgehen und durch einen Widerstand ersetzen. $L$ der Spule bestimmt sich dann aus den Resonanzbedingungen dieser Parallelschaltungszweige, der Widerstand wie nach der obigen Methode.

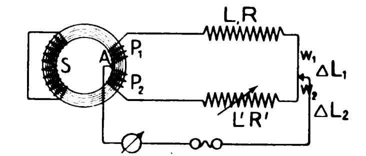


Abb. 10. Messung des effektiven Widerstandes und der effektiven Induktivität.

Für einen mit der Wasserturbine gekuppelten Generator gibt Strickler[5]) eine für Abnahmerversuche geeignete Annäherungsmethode zur Bestimmung der Generatorverluste an, wobei er den linearen Charakter der Nutzleistungskurve der Turbinen bei konstantem Wasserdruck am Turbineneinlauf und konstanter Tourenzahl verwertet.

**Temperatur.** Über die thermometrischen Messungen der Temperatur an elektrischen Maschinen veröffentlicht Leconte[6]) Versuche und macht auf die bei diesen Messungen möglichen Fehlerquellen aufmerksam.

**Drehzahl.** Bei Verwendung der sogenannten Auslaufmethode zur Trennung der Reibungs- und Eisenverluste elektrischer Maschinen kann die Verzögerung durch Messung der Auslaufdrehzahlen und der dazu gehörigen Auslaufzeiten bestimmt werden. Zur genauen Bestimmung der Drehzahlen empfiehlt Robertson[7]) eine stroboskopische Methode. Er verwendet eine auf die Maschinenwelle aufzubringende Scheibe mit verschiedenen, bestimmten Drehzahlen entsprechenden Beobachtungsmustern, welche dem Auge jeweils stillstehend erscheinen, wenn sie durch einen sich konstant periodisch öffnenden und schließenden Schlitz beobachtet werden. Letzteres erreicht er durch eine mittels Unterbrecher auf ihre Eigenschwingungszahl erregte Stimmgabel, auf deren Zinken zwei Aluminiumblättchen mit gegenüberliegenden Schlitzen angebracht sind.

**Streuspannung, Spannung.** Die Streuspannung von Wechselstromgeneratoren wird gewöhnlich in mittelbarer Weise aus dem Kurzschlußversuch bestimmt. Eine Methode zur unmittelbaren Messung der Streuspannung gibt Klein[8]) an. Die innere EMK einer Maschine ist ein Maß für ihren magnetischen Zustand und damit für die Eisenverluste. Mißt man die Eisenverluste eines Generators als leerlaufenden Synchronmotor einmal über- und einmal untererregt, so gibt die Differenz der dazugehörigen, aus der Eisenverlust- ($f$ (Volt))-Kurve entnommenen EMKe unmittelbar den doppelten Betrag der Streuspannung. Die Differenz kann algebraisch genommen werden, da die Phasenverschiebung sehr groß ist und die Streuspannung angenähert in Richtung der EMK fällt.

Brooks[9]) berichtet über eine Methode, das genaue Übersetzungsverhältnis eines Transformators zu messen, wenn ein gleicher Transformator von bekanntem Übersetzungsverhältnis vorhanden ist. Er schaltet die Sekundärwicklungen der primär am gleichen Netz liegenden Transformatoren gegeneinander und mißt die auftretende kleine Differenzspannung mittels eines Wattmeters, dessen Stromspule durch einen besonderen gleichphasig angeschlossenen Hilfstransformator voll erregt ist.

**Prüffeld.** Woodward[10]) beschreibt das Hochspannungsprüffeld der General El. Co. Bemerkenswert ist, daß dem Prüffeld Hochfrequenzspannungen bis 250000 V und Frequenzen von 60 bis 250000 Per./s, welche durch statische Frequenzerhöhung erzielt werden, zur Verfügung stehen.

In einer eingehenden Arbeit gibt Taber[11]) für sämtliche Schaltungsmöglichkeiten an Gleichstrommaschinen in übersichtlicher Anordnung einfache Schaltskizzen und eine Tabelle, welche es erübrigt, mehr oder weniger komplizierte Schaltungsänderungen in jedem Einzelfalle abzuleiten.

[1]) Vieweg, Z. Instrk. 1915, S 141. — [2]) Geiger, Helios Exportz. 1915, S 704. — [3]) SSW, DRP 281707. — Helios Fach- u. Exportz. 1915, S 189. — [4]) Hund, El. World Bd 65, S 1300. — [5]) Strickler, Bull. Schweiz. EV. 1915, S 33. — [6]) Leconte, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 813. — [7]) Robertson, Electr. (Ldn.) Bd 74, S 880. — [8]) Klein, El. Masch.-Bau 1915, S 177. — [9]) Brooks, El. World Bd 64, S 483. — [10]) Woodward, Gen. El. Rev. 1915, S 398. — [11]) Taber, El. World Bd 64, S 726.

## Betrieb elektrischer Maschinen.

Von Generalsekretär L. Schüler.

### Regelung.

**Regelung der Spannung.** Den Schnellregler und den Eilregler der SSW beschreibt G. E. Grau[1]). Der Schnellregler beruht im wesentlichen auf dem Tirrillschen Prinzip, unterscheidet sich aber von dem eigentlichen Tirrillregler durch wesentliche Einzelheiten. Von besonderem Interesse ist die Anwendung als Leistungsregler z. B. für Pufferbatterien und als Drehzahlregler, z. B. beim

Antrieb von Papiermaschinen. Der Eilregler ähnelt in seiner Bauart den bekannten selbsttätigen Spannungsreglern, bei denen der Regelwiderstand durch einen Hilfsmotor verstellt wird, der seinerseits durch ein Spannungsrelais gesteuert wird. Durch gewisse Kunstgriffe in der Bauart wird eine besonders schnelle Wirkung und aperiodische Einstellung erreicht, so daß der Eilregler häufig mit Erfolg an Stelle des komplizierteren Schnellreglers verwendet werden kann. Die Regelschnelligkeit der verschiedenen Reglerarten wird durch Abb. 11 veranschaulicht. — Einen neuen Spannungsregler beschreibt H. Moeller[2]); dieser Regler benutzt als eigentliches Regulierorgan einen Flüssigkeitswiderstand, der in den Feldkreis der zu regelnden Maschine eingeschaltet wird. Die Größe dieses Widerstandes wird nun in eigenartiger Weise dadurch beeinflußt, daß die Flüssigkeit mehr oder weniger mit Luft vermischt wird. Zu diesem Zweck wird mittels einer Düse Druckluft in die Flüssigkeit eingeführt und die Luftzufuhr durch ein elektromagnetisches Ventil in Abhängigkeit von der Spannung geregelt. Der Vorteil des neuen Reglers gegenüber anderen Reglern mit veränderlichem Feldwiderstand besteht darin, daß die zu bewegende Masse (das Ventil) sehr gering ist, so daß der Reguliervorgang außerordentlich schnell verläuft. — Ein Aufsatz von W. Wolf[3]) behandelt die Regelung der Spannung bzw. der Felderregung bei Regulierdynamos in Leonard-Systemen. Wenn es sich darum handelt, den Motor sehr schnell anzulassen oder umzusteuern (z. B. bei Umkehrwalzenstraßen), so sind besondere Maßnahmen erforderlich, um die Felderregung der Regulierdynamo entsprechend zu beschleunigen. Ferner wirkt in Systemen mit sehr großem Regulierbereich die Remanenz der Dynamo störend, und es sind verschiedene Schaltungsweisen angegeben worden, um sie zu unterdrücken oder unschädlich zu machen. Der Aufsatz enthält eine Zusammenstellung der bisher bekannten, obigen Zwecken dienenden Verfahren.

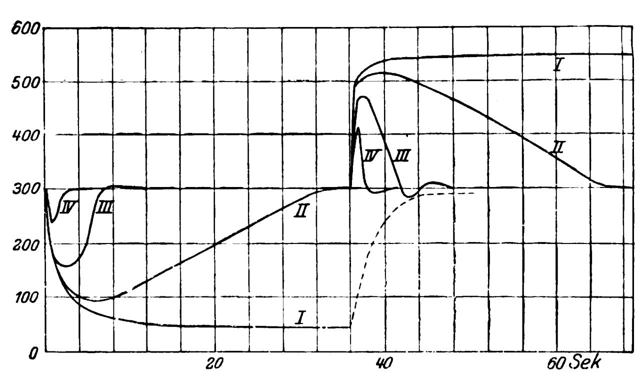


Abb. 11. Spannung einer Gleichstromdynamo bei Laständerung von 60%.
I ohne Regulierung, II mit trägem Selbstregler, III mit Eilregler, IV mit Schnellregler (nach ETZ 1915, S 66.)

**Regelung der Geschwindigkeit.** Die Drehzahl von Gleichstrommotoren kann bekanntlich durch Feldregelung in weiten Grenzen geändert werden. Trotzdem reicht diese Art der Regelung nicht in allen Fällen aus, nämlich dann nicht, wenn es sich um einen sehr weiten Drehzahlbereich, etwa 1 : 10 oder mehr handelt. In solchen Fällen muß man zur Vorschaltung von Widerstand vor den Anker greifen, wobei bekanntlich, abgesehen von der Verschlechterung des Wirkungsgrades, der Nachteil entsteht, daß die Drehzahl dann nicht mehr unabhängig von der Belastung ist. Dieser Nachteil kann zum Teil vermieden werden, wenn auch noch Widerstand parallel zum Anker geschaltet wird. Eine Arbeit von Th. Carter[4]) beschäftigt sich eingehend mit dieser Schaltungsweise; die Abhängigkeit der Drehzahl von der Belastung wird für verschiedene Verhältnisse von Reihen- und Parallelwiderstand berechnet und in Kurvenform dargestellt.

**Regelung des Leistungsfaktors.** Eine Arbeit von A. Brückmann[5]) bringt eine Übersicht über die zur Verbesserung des Leistungsfaktors von Netzen oder einzelnen Motoren benutzten Vorrichtungen. Der Aufsatz enthält zahlreiche Diagramme und Abbildungen ausgeführter Maschinen.

### Parallelbetrieb.

Den Parallelbetrieb von Frequenzwandlern behandelt eine ausführliche Arbeit von G. H. Rettow[6]). Besteht der Frequenzumformer aus einem Synchronmotor und einem Synchrongenerator, so muß beim Parallelschalten von 2 Aggregaten darauf Rücksicht genommen werden, daß sowohl beim Motor wie beim Generator Phasenübereinstimmung besteht. Ist dies nach Einschaltung des Motors beim Generator nicht der Fall, so kann man durch Umkehren der Magneterregung des Motors dessen Magnetsystem um eine Polleitung verschieben und dies so oft wiederholen, bis der Generator die richtige Phase besitzt. Die richtige Lastverteilung bei parallellaufenden Frequenzwandlern ist nur durch räumliche Verdrehung der Ständer mittels besonderer Vorrichtungen möglich. Besonders schwierig gestaltet sich die Parallelschaltung verschiedener, weit entfernter Unterstationen, da der Widerstand der Verbindungsleitungen das Problem kompliziert. Der Verfasser empfiehlt in diesem Falle, die Parallelschaltung des Generators über einen Anlaßwiderstand vorzunehmen.

Um den Parallelbetrieb von 2 Transformatoren mit verschiedenem Spannungsabfall zu ermöglichen, schlägt R. H. Willard[7]) vor, je einen Schenkel des einen mit je einem Schenkel des andern in Reihe zu schalten; man kann auch die beiden Schenkel jedes Transformators unter sich parallel und die Transformatoren dann in Reihe schalten. Natürlich ist das Verfahren nur für Einphasentransformatoren und zwar nur für solche von gleicher Leistung anwendbar.

### Ein- und Ausschalten.

**Verfahren.** E. E. George[8]) beschreibt eine Vorrichtung, die zum Schutze von Synchronmotoren dient. Die Stromzufuhr soll selbsttätig unterbrochen werden, wenn der Motor außer Tritt fällt oder versehentlich stillstehend oder unerregt eingeschaltet wird. Ein gewöhnlicher Maximalschalter erfüllt den Zweck nicht immer, da unter Umständen der Motor stillstehend nicht viel mehr Strom aufnimmt als bei Vollast. Die Auslösung des Ölschalters erfolgt deshalb durch ein Relais, das über einen Kondensator an die Schleifringe des Motors angeschlossen ist. Die Auslösung erfolgt also immer dann, wenn an den Schleifringen eine Wechselspannung auftritt.

**Anlaßverfahren.** Eine ausführliche Zusammenstellung der Verfahren zum Anlassen von Einankerumformern gibt W. Linke[9]). Er behandelt: 1. Das gleichstromseitige Anlassen, 2. das Anlassen mittels Anwurfmotors, wobei unterschieden wird in a) das gewöhnliche Verfahren, b) das Anlassen mittels gleichpoligen Anwurfmotors und Synchronisieren durch Anlegen der Schleifringe ans Netz, c) wie b), doch mit Synchronisieren des Anwurfmotors, d) mit Anwurfmotor, dessen Ständer mit dem Umformer in Reihe geschaltet ist; 3. das asynchrone Anlassen. Die verschiedenen Schaltungsweisen und ihre Vor- und Nachteile werden eingehend erörtert. Beim asynchronen Anlassen behandelt der Verfasser besonders ausführlich die verschiedenen Verfahren und Kunstgriffe zur Erzielung richtiger Polarität, sowie das Überschalten von der Anlaufspannung auf die Betriebsspannung. An die Arbeit schloß sich ein Schriftwechsel zwischen L. Schüler und dem Verfasser[10]), in dem Schüler darauf hinweist, daß durch Wendepole das drehstromseitige Anlaufen des Umformers erleichtert, das Intrittfallen dagegen erschwert wird. Eine weitere Zuschrift von Hartenheim[11]) bezieht sich auf das Bürstenfeuer, das nach Linke auftreten soll, wenn der Umformer nach Verfahren 2d) angelassen wird.

In einem Vortrag von E. Rosenberg[12]) wird ebenfalls das Anlassen von Synchronmaschinen, insbesondere Umformern, eingehend behandelt. Der Verfasser gibt eine Formel, aus der sich berechnen läßt, bei welcher größten Schlüpfung eine noch asynchron laufende Synchronmaschine bei Erregung der Pole durch Gleichstrom in Synchronismus gebracht wird. Er behandelt dann ausführlich das von ihm angegebene Anlaßverfahren für Umformer, wobei der Anwurfmotor mit dem Umformer in Reihe geschaltet ist.

Ein sehr einfaches Mittel verwenden Siemens Brothers[13]) zur Erzielung der richtigen Polarität von Einankerumformern beim drehstromseitigen Anlassen. Es wird in den Erregerstromkreis eine Ventilzelle eingeschaltet, die nur Strom von der richtigen Polarität durchläßt. Das Intrittfallen des Umformers bei falscher Polarität wird dadurch verhindert.

[1]) G. E. Grau, ETZ 1915, S 63. — [2]) H. Moeller, El. Masch.-Bau 1915, S 134. — [3]) W. Wolf, Schweiz. El. Z. 1914, Heft 44. — Electr. (Ldn.) Bd 75, S 587. — [4]) Th. Carter, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 953; Bd 76, S 22. — [5]) A. Brückmann, Helios Fach- u. Exportz. 1915, S 365, 373. — [6]) G. H. Rettow, Gen. El. Rev. 1915, S 836. — [7]) R. H. Willard, El. World Bd 66, S 76. — [8]) E. E. George, El. World Bd 66, S 142. — [9]) W. Linke, ETZ 1915, S 133. — [10]) L. Schüler u. W. Linke, ETZ 1915, S 293, 306. — [11]) M. Hartenheim, ETZ 1915, S 362. — [12]) E. Rosenberg, ETZ 1915, S 456. — Jl. Inst. El. Eng. Bd 51, S 62. — [13]) Siemens Bros, El. World Bd 64, S 727.

## Anlaßapparate, Belastungswiderstände und Widerstandsmaterial.

Von Oberingenieur Chr. Krämer.

**Steuerschalter.** Einen neuen Steuerschalter für elektrische Bahnen beschreibt C. J. Axtel[1]). Dieser Steuerschalter wird durch Druckluft mittels elektromagnetisch gesteuerter Ventile betätigt und unterscheidet sich von den seither gebräuchlichen dadurch, daß die Reihen-Parallelschaltung sowie das Abschalten der Widerstandsstufen durch Einzelschützen erfolgt, die durch eine Walze mit Kurvenscheiben gesteuert werden. Gedreht wird diese Walze schrittweise durch einen Differentialluftdruckzylinder. Der konstruktiv sehr gut durchgebildete Steuerschalter vereinigt in sich den Fahrtrichtungsschalter, den Hauptschalter mit Überstromrelais, den Reihenparallel- und Stufenschalter; Abbildung und Schaltbild für eine Ausrüstung von 4 Motoren von je 100 kW bis 600 V ist gegeben.

Aus einem Aufsatz von N. W. Storer[2]) über eine elektrische Bahnausrüstung für 5000 V Gleichstrom interessiert hier die Abbildung und Beschreibung des Steuerschalters und der Widerstände. Jeder Stromschütz enthält zwei Unterbrechungsstellen, bei denen der Lichtbogen durch einen Blasmagnet derart gegen ein Specksteinstück geblasen wird, daß er in zwei Teile zerreißt; drei- und vierfache Isolation der Widerstände ist vorgesehen. Die Elektromagnete der Steuerung sowie der Luftkompressor werden durch eine Hilfsbatterie von 150 V gespeist, die ständig mit den Hauptmotoren in Reihe an Erde liegt.

Über die Notwendigkeit, für die Leistungsangaben von Steuerschaltern und Widerstände bestimmte Normen aufzustellen, verbreiten sich H. Moeller und Th. Hoock[3]). Sie halten es für wünschenswert, an Stelle der üblichen Voll- bzw. Halblastbezeichnung den Begriff der Anlaßleistung sowie der Schalthäufigkeit einzuführen. Als wesentlich ist bei Versuchen von ihnen gefunden worden, daß die Beanspruchung der Kontakte während der Anlaufperiode proportional dem Produkte aus der Anlaßleistung × Anlaßzeit × Schalthäufigkeit ist. Konstruktionen und Abbildungen von Schaltwalzenanlassern und Selbstanlassern von SSW[4]), Klöckner[5]) und Cruse[6]) sind in verschiedenen Zeitschriften zu finden. Weitere Angaben über Steuerapparate siehe Abschn. El. Regelung, S 120.

**Regler.** Die Aufgabe, beim Regeln einer Maschine die Trägheit des Feldes zu überwinden, löst F. André[7]) durch Anwendung eines induktiven Widerstandes, bei dem die einzelnen Regelstufen auf einen gemeinsamen Eisenkern aufgewickelt sind. Er gibt eine theoretsche Ableitung über die Windungszahlen der einzelnen Stufen und ihre Wirkungsweise.

L. Boothman[8]) stellt die Fehler zusammen, die bei den Widerständen von Reglern auftreten und beschreibt dann eine Sonderausführung von Westinghouse (Patronen, bei denen das Widerstandsmaterial auf emaillierten Stahl-

rohren aufgewickelt und durch einen Zementanstrich geschützt ist). Abbildungen und Schaltbilder größerer Regler, darunter ein Umkehrregler und ein Hauptstromregler mit Ventilatorkühlung werden gebracht.

Weiteres Material über die Berechnung und Abstufung der verschiedenen Arten von Reglern ist in der El. World zu finden in einem Auszug aus der El. Rev. Lnd. von Th. Carter[9]).

Einen Belastungswiderstand von großem Regulierbereich für starke Ströme beschreibt R. G. Van Name[10]).

**Flüssigkeitswiderstände.** N. L. Rea[11]) berichtet über die Erfahrungen im Bau und Betrieb großer Wasserwiderstände zur Belastung und Prüfung großer Generatoren. Unter 2300 V sind Salzlösungen erforderlich, daher ist es vorteilhaft, falls Transformatoren vorhanden sind, die Belastung ev. auf der Hochspannungsseite vorzunehmen. Als Elektroden kommen Scheiben oder Schienen aus Kupfer, Eisenplatten und Eisenrohre zur Verwendung; die letzteren ergeben die besten Resultate. Merkwürdig ist die Beobachtung, daß die verschiedenste räumliche Anordnung keinen Einfluß auf die gleichmäßige Verteilung der Last auf die verschiedenen Phasen hat; letztere hängt nur von der Eintauchtiefe ab. Es wird eine Ausführung beschrieben, bei welcher die Elektroden in den Einlaufkanälen der Turbinen untergebracht sind. Ein Schaubild gibt die Abhängigkeit der Last von der Zahl der Rohre und der Eintauchtiefe. Rea beschreibt auch Ausführungen mit Behältern aus Holz, Eisen, Zement und Eisenbeton; vor letzterem warnt er, da noch keine Erfahrungen über das Verhalten des eingebetteten Eisens vorliegen. Für sehr vorteilhaft hält er ein Holzgefäß mit Doppelboden und Elektrodenröhren über einen Holzpfosten, wobei das Wasser unter hohem Druck vom Boden aus einströmt. Der Widerstand konnte mit 15000 kW bei 13000 V belastet werden.

Eine besondere Ausführung bedingt ein Belastungswiderstand, über den L. J. Clark[12]) berichtet, dadurch, daß das zur Verfügung stehende Wasser einen sehr geringen Widerstand besaß. Er wurde hergestellt durch Verwendung langer in Stern geschalteter Rinnen, an deren Enden die Elektroden eintauchten; er vernichtete 1000 kW bei 19000 V.

**Berechnung von Widerständen.** B. W. Jones[13]) zeigt die Berechnung von Anlaßwiderständen für Nebenschluß-, Hauptstrom- und Induktionsmotor an Hand sehr einfacher Formeln, leitet ihre Theorie ab, und berechnet mit ihrer Hilfe einige praktische Beispiele. — Zwei graphische Lösungen zur Berechnung der Widerstände für die Reihen-Parallelschaltung von Bahnmotoren bringen A. M. Buck[14]) und W. F. Coors[15]), von denen die letztere, wie der Verfasser selbst schreibt, zwar nicht absolut genau ist, aber für die Zwecke der Praxis um so mehr genügt, als andere bei der Berechnung nicht zu berücksichtigende Faktoren schon größere Abweichungen verursachen. Jedenfalls zeichnet sie sich durch große Einfachheit aus.

**Widerstandsmaterial.** G. Mascarini und A. Contardi[16]) schlagen als Material für Anlaßwiderstände Schwefeleisen vor, das einen sehr hohen negativen Temperaturkoeffizienten besitzt. H. Lux[17]) empfiehlt wegen derselben Eigenschaft bei in Reihe liegenden Nitralampen einzelne Karborundumwiderstände parallel zu schalten, die, solange die Lampen unversehrt sind, fast keinen Strom verbrauchen. Beim Durchbrennen einer Lampe übernimmt der betreffende Einzelwiderstand die Stromleitung, wobei er seinen Widerstand durch Erwärmung auf den Betrag einer Lampe ermäßigt.

[1]) C. J. Axtel, Gen. El. Rev. 1915, S 985. — [2]) N. W. Storer, El. Rlwy Jl. Bd 46, S 661. — [3]) H. Moeller u. Th. Hoock, El. Masch.-Bau 1915, S 355, 366. — [4]) Behnk (SSW), ETZ 1915, S 219. — Helios Exportz. 1915, S 565. — [5]) F. Klöckner, El. Anz. 1915, S 436, 557. — [6]) F. Cruse, Helios Exportz. 1915, S 333. — [7]) F. André (nach Rev. él. Bd 22), El. World Bd 65, S 403. — [8]) L. Boothman, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 306. — [9]) Thomas Carter (nach El. Rev. Ldn.), El. World Bd 66, S 77. — [10]) R. G. Van Name, Electr. (Ldn.) Bd 74, S 289. —

[11]) N. L. Rea, Gen. El. Rev. 1915, S 1001. — [12]) L. J. Clark, El. World Bd 65, S 669. — [13]) B. W. Jones, Gen. El. Rev. 1915, S 131. — [14]) A. M. Buck, El. Rlwy. Jl. Bd 45, S 330. — [15]) W. F. Coors, El. Rlwy. Jl. Bd 45, S 761. — G. Mascarini u. A. Contardi (nach El. Engin.), El. World Bd 65, S 603. — [17]) H. Lux, El. World Bd 65, S 603.

# III. Verteilung und Leitung.

Verteilungssysteme und deren Regelung. Berechnung der Netze und der Leitungen, elektrische und mechanische Messungen an Leitungen. Von Oberingenieur Dr. Paul Cohn, Berlin. — Beschaffenheit und Herstellung der Leitungsdrähte und Kabel; Isolierstoffe. Von Dr. Richard Apt, Berlin. — Ausführung der Leitungen, Stromsicherungen, Installationsmaterial, Schaltanlagen und Schalter. Von Oberingenieur Karl Hansen Bay, Berlin. — Überspannung, Störungen, Gefahren, Spannungssicherungen, Korona. Von Prof. Dr.-Ing. W. Petersen, Darmstadt.

## Verteilungssysteme und deren Regelung, Berechnung der Netze und der Leitungen, elektrische und mechanische Messungen an Leitungen.

Von Oberingenieur Dr. Paul Cohn.

**Leitungsanlagen und ihre Schutzvorrichtungen.** Für Deutschland wird mehr und mehr charakteristisch der Betrieb zusammenhängender Netze für Betriebsspannungen von 10000 bis 20000 V und bis zu mehreren 1000 km Streckenlänge zur Versorgung vieler hundert Transformatorstationen und Ortsnetze. Die Netze mittleren Umfanges haben meist nur die genannte Hochspannung, während die größten Netze an verschiedenen Punkten mit einer höheren Oberspannung gespeist werden. In letzterem Falle werden dann die Netze in der Regel aufgeteilt betrieben, so daß jeder Speisepunkt höherer Spannung ein im allgemeinen von den Nachbargebieten getrenntes Mittelspannungsnetz versorgt, das aber nötigenfalls mit ihnen verbunden werden kann. Über Erfahrungen beim Bau und Betrieb solcher Netze berichtet Kübler[1]). Um zu verhüten, daß bei einem Kurzschluß auch nicht betroffene Strecken mit abgeschaltet werden, empfiehlt er[2]) besonders für verzweigte Leitungen Relais mit einer von der Stromstärke unabhängigen Auslösezeit. Schrader[3]) will in derartigen Netzen die Ausschaltung nicht von der Überschreitung einer bestimmten Stromstärke, die je nach der gerade vorhandenen Grundbelastung in kürzerer oder längerer Zeit erreicht wird, sondern von der Geschwindigkeit der Stromänderung abhängig machen und beschreibt ein diesem Zweck dienendes Relais. Mac Gahan[4]) beschreibt nach kritischer Würdigung der bisher üblichen abhängigen und unabhängigen Zeitrelais eine Einrichtung, die bei abhängigen Relais die Auslösezeit bei zunehmendem Überstrom nur verhältnismäßig langsam verkürzt. Sie besteht in einem zwischen Stromwandler und Relais geschalteten Hilfsstromwandler, dessen Eisen bei Überlastung gesättigt wird, so daß der Relaisstrom langsamer ansteigt als der Hauptstrom. Bei Versuchen mit derartigen Relais wurde erreicht, daß von vier hintereinander liegenden Schaltern mit Auslösezeiten, die nur je 0,42 s auseinander lagen, stets nur der der Fehlerstelle nächstliegende ausgeschaltet wurde.

Bei den im Auslande (England, Nordamerika) hauptsächlich verbreiteten großen Stadtzentralen, die eine Anzahl von Unterwerken je durch mehrere parallele Hochspannungskabel speisen, ist die Frage des zweckmäßigsten Überstromschutzes gleichfalls noch nicht gelöst und wird mehrfach eingehend behandelt. Wetmore[5]) empfiehlt für solche Kabelnetze neben Überstromrelais Einrichtungen, die bei Abweichung des durch die drei Adern eines Drehstromkabels fließenden Summenstromes vom Werte 0, also bei Erdschluß in dem Kabel, ansprechen und ersteren an Empfindlichkeit überlegen sind. Für geschlossene

Netze wird neben dem auch in Deutschland verbreiteten Differentialschutzsystem mit besonderem Hilfskabel das split-conductor-System empfohlen, bei dem jeder Leiter in zwei nur schwach voneinander isolierte Leiter aufgeteilt ist, die im Falle eines Kabeldefekts von ungleichen Strömen durchflossen werden, so daß dann ein der Differenzwirkung dieser Ströme ausgesetztes Relais das Kabel abschaltet. Dieses System soll sich in London sehr bewährt haben, indem es unter 40 Fällen nur einmal versagt hat. Bei Freileitungen soll es wirken, bevor eine gerissene Leitung die Erde erreicht. Garrard[6]) bespricht die Vorzüge und Mängel verschiedener Relaiskonstruktionen und ihrer Schaltungen bei Überstrom, Rückstrom und Erdschluß, sowie die verschiedenen in England gebräuchlichen Differentialschutz-Schaltungen; das split-conductor-System erfordere besonders sorgfältige Eichung und Abgleichung der Apparate und sachkundiges und geübtes Betriebspersonal. Von Callender-Waters[7]) rührt ein Kabelschutzsystem her, bei dem das Kabel unter dem Bleimantel sechs dünne Kupferstreifen, von ihm und voneinander schwach isoliert, enthält; je drei Streifen sind an einem Ende der Kabelstrecke miteinander und dann über ein Relais mit Erde verbunden. Ein auftretender Erdschlußstrom induziert in den Hilfsleitern Ströme, die die Relais und damit die Auslösung betätigen. Auch ein der AEG[8]) patentiertes Schutzsystem ist durch schwach von der Hauptader isolierte Hilfsadern gekennzeichnet, die aber abweichend von den sonstigen Ausführungen von dem Betriebsstrom mit einer etwa durch einen kleinen Zusatztransformator erhöhten Spannung durchflossen werden.

Zu den in Deutschland mit 100000 bis 110000 V betriebenen Kraftübertragungen ist im letzten Jahre eine Leitung von der Vorgebirgszentrale bei Köln nach Osterath bei Neuß getreten, die mit Eisenmasten in Abständen von etwa 250 m ausgeführt worden ist. Es sind zwei Drehstromleitungen verlegt und zwar infolge des Kupfermangels zunächst 19drähtige Eisenleitungen von 80 $mm^2$ Querschnitt, die für die zunächst zu übertragende Leistung ausreichen. Vor der Inbetriebsetzung wurde die Anlage eingehend geprüft, zur Messung der Glimmverluste wurde die Spannung bis zu 210000 V zwischen zwei Leitungen erhöht; dabei ergab sich ziemlich gute Übereinstimmung mit den berechneten Werten. In Amerika werden neuerdings vielfach Seile verwendet, die aus einem Stahlkern mit umgebenden Aluminiumdrähten bestehen. Durchhangsberechnungen für solche Seile, die teilweise schon länger als 10 Jahre in Betrieb sein sollen, geben Driver und Pannell[9]). Während Reinaluminiumleitungen größere Durchhänge erfordern als Kupferleitungen, ist bei Aluminiumleitungen mit Stahleinlage der Durchhang nur etwa $^2/_3$ desjenigen von Kupferleitungen äquivalenten Querschnitts. Neue Verfahren zur Bestimmung des Durchhanges und der Spannung von Freileitungen, wenn die zulässige Höchstbeanspruchung bei einer bestimmten Zusatzlast oder einer bestimmten niedrigsten Temperatur festgelegt ist, entwickeln Wilkinson[10]), Pender[11]) und Sumec[12]), der die graphische Bestimmung der Zugbeanspruchung für die in den Freileitungsnormalien des VDE festgelegten Werte eingehend durchführt.

Die Erörterungen über die Notwendigkeit, Bemessung, Schaltung und Bauart von Strombegrenzungsspulen nehmen andauernd, namentlich in Amerika, lebhaften Fortgang. Einen allgemeinen Überblick gibt Steinmetz[13]), eingehender über die möglichen Schaltungen, die auftretenden elektrischen und mechanischen Beanspruchungen und über die von verschiedenen Firmen hergestellten Ausführungen, ihre Vorzüge und Mängel unterrichtet Palme[14]). Eine Unterteilung der Sammelschienen durch Strombegrenzungsspulen, die zur Vermeidung zu hoher Spannungsabfälle normal durch momentan auslösende Ölschalter überbrückt sind, ist nach Uhlenhaut[15]) in einer zunächst aus vier Turbogeneratoren von je 15300 kW bestehenden Anlage für 11000 V bei Pittsburg erfolgt. Besonders wertvoll erscheinen die Ausführungen von Groß[16]). Er geht davon aus, daß, während Generatoren und Transformatoren kurzschlußsicher gebaut werden können und müssen, Ölschalter einen Kurzschluß bei 70000 KVA Zentralenleistung höchstens bei 10% Reaktanz, also beispielsweise höchstens

36800 A bei 11000 V betriebssicher abschalten können. Außerdem ist Strombegrenzung zur Vermeidung übermäßiger mechanischer und Wärmewirkungen in Leitungen und Sammelschienen, die unter gewissen Annahmen rechnerisch ermittelt werden, nötig. Bei Kabelkurzschlüssen in unmittelbarer Nähe der Sammelschienen können in Bruchteilen einer Sekunde, also vor Auslösen des Ölschalters, Temperaturerhöhungen um mehrere 100° eintreten. Er empfiehlt besonders den zuerst von Stott vorgeschlagenen gleichzeitigen Einbau von Strombegrenzungsspulen a) zwischen Generator und gemeinsamem Sammelschienensystem, b) zwischen Generator und besonderen Sammelschienen für einen Teil der abgehenden Speiseleitungen. Diese Schaltung gestattet niedrige Reaktanz in den Generatoren selbst und daher geringen Spannungsabfall bei Kurzschluß in den Hauptsammelschienen und den nicht betroffenen Leitungen, also geringe Gefahr des Außertrittfallens von Synchronmotoren. In der anschließenden Erörterung empfiehlt Torchio die Einschaltung von zwei sich gegenseitig induzierenden Spulenhälften, deren Mitte mit dem Generator verbunden ist, in die Sammelschienen. Eine gleiche Schaltung wird an anderer Stelle[17]) beschrieben.

**Spannungsverhältnisse und ihre Regelung.** Für die rechnerische Auswertung geeignete Lösungen der Differentialgleichungen für Strom- und Spannungsverteilung auf langen Wechselstromleitungen geben Dean[18]) und Karapetoff[19]), letzterer hauptsächlich mit Anwendung auf Fragen der Sprechübertragung bei Fernsprechleitungen. Die Abhängigkeit der Spannungsverteilung längs der Leitung von der Periodenzahl bewirkt, wie Biermanns[20]) nachweist, daß selbst die fast sinusförmige Spannung von Turbodynamos auf langen unbelasteten Freileitungen stark verzerrt wird, indem je nach der Leitungslänge die am Anfang fast verschwindende 5., 7. oder 11. Oberschwingung verstärkt wird. Induktive Belastung erschwert das Zustandekommen dieser Resonanz, kapazitive begünstigt sie, ein auf die betreffende Periodenzahl abgestimmter Schwingungskreis unterdrückt sie fast völlig. Auf der Sekundärseite eines Transformators tritt verstärkte Verzerrung ein. — Das Verhalten armierter Einfachkabel bei Betrieb mit Wechselstrom untersucht Emanuel[21]). Durch passende Ausbildung der Armatur können die Verluste bis auf sehr kleine Beträge herabgesetzt werden.

Der Ermittelung der wirtschaftlich günstigsten Übertragungsspannung unter Berücksichtigung der bei hohen Spannungen und kleinen Querschnitten stark anwachsenden Glimmverluste ist ein Buch von Eimer[22]) gewidmet. Die Rechnungen werden für Kupfer- und Aluminiumleitungen unter im allgemeinen zutreffenden Annahmen durchgeführt und führen zu dem Ergebnis, daß man über die bisher schon verwendete Spannung von 150000 V vom wirtschaftlichen Standpunkt aus kaum je wird hinauszugehen brauchen.

Über den Einbau von Synchronmotoren zur Regulierung und Konstanthaltung der Spannung am Ende langer Fernleitungen wird bei der Beschreibung verschiedener amerikanischer Anlagen berichtet, so bei einer Übertragung mit 150000 V nach Los Angeles[23]) und einer mit 130000 V in Utah[24]). In der ersteren Anlage wird durch zwei Synchronmotoren von je 15000 kVA Leistung erreicht, daß die Spannung in der Zentrale von $6^h\ 30^m$ morgens bis $9^h$ abends auf 150000 V konstant gehalten werden kann; während der Nachtstunden wird sie auf 135000 V herabgesetzt. Einen allgemeinen Überblick über ihre Wirkung, Vorteile und Nachteile — zu letzteren gehört die Möglichkeit, daß sie außer Tritt fallen — gibt Weingrün[25]). Die durch sie erreichbare Verbesserung des Leistungsfaktors behandelt in anschaulicher graphischer Darstellung Schou[26]), er weist nach, daß durch Belastung des Umformers eine weitere Verbesserung des Leistungsfaktors gegenüber Leerlauf erzielt werden kann. Bauer[27]) untersucht, inwieweit bei Belastungsänderungen ein konstante Spannung am Leitungsende haltender Synchronmotor gleichzeitig auch phasenverbessernd wirkt. Über die durch den Einbau von Synchronmotoren bei einzelnen Abnehmern erzielte Phasenverbesserung berichtet Colvin[28]).

Pufferbatterien können nach Schröder[29]) auch bei Wechselstromanlagen zum Ausgleich von Belastungsschwankungen herangezogen werden. Sie sind

über eine Zusatzmaschine mit veränderlicher Spannung, deren Erregung durch einen besonderen Umformer abhängig von der Größe des Betriebsstromes geregelt wird, an die Gleichstromseite eines Umformers angeschlossen. Versuche mit verschiedenen Schaltungen ergaben gute Pufferwirkung bei Belastungsschwankungen und Anwendbarkeit als Momentreserve bei kurzzeitigem vollständigem Ausbleiben des Wechselstromes. Eine derartig ausgeführte Anlage bei der Albtalbahn wird von Linke[30]) beschrieben. Verschiedene Schaltungen zur Pufferung in Drehstromnetzen, bei denen nur Schwungmassen verwendet werden, sind bei BBC[31]) in Gebrauch.

**Messungen in Leitungsanlagen.** Um Betriebsunterbrechungen infolge Isolatordefekts vorzubeugen, empfiehlt Bang[32]) regelmäßige Untersuchung der Isolatoren in gewissen Zwischenräumen. Bei mehrgliedrigen Isolatorketten wird der Isolationswiderstand der einzelnen Glieder mit 1000 V Gleichstrom geprüft; Widerstandswerte von weniger als 500 M$\Omega$ lassen auf Rißbildung oder sonst beginnende Verschlechterung des Isolators schließen. Peck[33]) verwendet einen transportablen Apparat zur Prüfung von Isolatoren auf der Strecke mit Hochfrequenz. Bei Holzmasten kann ein durch einen noch betriebsfähigen Isolator zur Erde fließender Ableitungsstrom durch ein zu einem Stück des Mastes parallel geschaltetes Mikrophon von hohem Widerstand entdeckt und der Fehler vor Eintritt einer Betriebsstörung beseitigt werden. Zur raschen Aufsuchung von Fehlern in dem Leitungsnetz der Stadt Boston[34]), insbesondere von Leitungsunterbrechungen bei der in Reihenschaltung ausgeführten Straßenbeleuchtung dienen Stromquellen, die in die gestörte Leitung Strom von je nach Bedarf veränderlicher Spannung und Periodenzahl schicken. Es genügt, längliche Anlegerspulen den Weg des Kabels entlang zu führen, um in einem angeschlossenen Mikrophon durch Änderung des Geräusches an der Fehlerstelle diese zu ermitteln. Zur Bestimmung der Fehlerstelle bei dreiphasigem Kurzschluß in langen Hochspannungskabeln schickt Erens[35]) von einem Ende Gleichstrom von 10 bis 20 A in zwei Adern des Kabels. Ist der Übergangswiderstand an der Fehlerstelle noch groß, so werden bei einer zweiten Messung die beiden Adern am anderen Ende über einen Strommesser kurzgeschlossen. Aus den gemessenen Stromstärken und Spannungen folgt durch eine einfache Rechnung die Entfernung des Fehlers vom Leitungsanfang.

Über Messungen der Temperaturzunahme an mit konstantem Strom belasteten Kabeln bei direkter Verlegung in Erde, Einziehen in Kanäle und Verlegung in Bitumen wird in El. Engin. Ldn.[36]) berichtet. Imlay[37]) hat die Belastbarkeit von in Rohrkanälen verlegten Kabeln zeitweise dadurch erhöht, daß er durch ein noch unbenutztes oder ein besonderes über dem Kabelkanal liegendes poröses Rohr Wasser durchfließen ließ.

[1]) W. Kübler, El. Masch.-Bau 1915, S 313, 327, 340. — [2]) W. Kübler, Mitt. Ver. EW. 1915, S 155. — [3]) Schrader, El. Kraftbetr. 1915, S 413. — [4]) P. Mac Gahan, El. World Bd 65, S 597. — [5]) E. B. Wetmore, Electr. (Ldn.) Bd 74, S 311; Disk. S 360. — [6]) C. C. Garrard, Electr. (Ldn.) Bd 74, S 558, 638, 701, 772; Bd 75, S 236, 311. — [7]) Callender-Waters (nach El. Eng., Ldn.), El. World Bd 65, S 991. — [8]) AEG, DRP 280785. — [9]) Driver u. Pannell, El. World Bd 66, S 524. — [10]) K. L. Wilkinson, El. World Bd 65, S 336. — [11]) H. Pender, El. World Bd 66, S 344. — [12]) J. Sumec, ETZ 1915, S 327. — [13]) Ch. P. Steinmetz, El. Masch.-Bau 1915, S 545. — [14]) A. Palme, El. Masch.-Bau 1915, S 412. — [15]) Uhlenhaut, El. World Bd 65, S 1289. — [16]) J. W. Groß, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 25; Disk. S 2851. — El. World Bd 65, S 163. — [17]) El. World Bd 65, S 945. — [18]) G. R. Dean, Electr. (Ldn.) Bd 74, S 355; Bd 75, S 318, 358. — Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 2241. — [19]) V. Karapetoff, El. World Bd 66, S 857, 914. — [20]) J. Biermanns, ETZ 1915, S 609. — [21]) Emanuel (nach Elettrotecnica 1915, Jan.), El. World Bd 66, S 542. — [22]) H. Eimer, Die wirtschaftlich günstigste Spannung für Fernübertragungen mittels Freileitungen, Berlin 1914, Jul. Springer. — [23]) El. World Bd 66, S 1387. — [24]) El. World Bd 65, S 1451. — [25]) J. Weingrün, El. Masch.-Bau 1915, S 189. — [26]) Schou, El. World Bd 66, S 1138. — [27]) B. Bauer, Bull. Schweiz. EV. 1915, S 65. — [28]) Colvin, El. World Bd 66, S 787. — [29]) L. Schröder, ETZ 1915, S 61, 75. — [30]) W. Linke,

El. Kraftbetr. 1915, S 181. — [31]) Brown, Boveri & Co., El. Masch.-Bau 1915, S 620. — [32]) Bang, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 1425. — [33]) E. P. Peck, El. World Bd 66, S 1077. — [34]) El. World Bd 66, S 579, 638. — [35]) Erens, Mitt. Ver. EW. 1915, S 206, 248. — [36]) (Nach El. Engin. Ldn.), El. World Bd 65, S 732. — [37]) Imlay, Electr. Bd 75, S 343.

## Leitungsdrähte, Kabel, Isolierstoffe.

Von Dr. Richard Apt.

**Freileitungen.** Die Bemühungen, Ersatzmetalle für Kupfer zur Herstellung elektrischer Leitungen und Kabel heranzuziehen, haben weitere bemerkenswerte Fortschritte gemacht, die möglicherweise ihre Einwirkungen auch für normale Zeiten behalten werden. Zahlreiche Freileitungen aus verzinkten Eisenseilen[1]) sind inzwischen verlegt worden, wobei die Angaben in den Veröffentlichungen des VDE über das magnetische Verhalten, insbesondere die Zunahme des elektrischen Widerstandes für Wechselstrom durch Hautwirkung, sowie die Abhängigkeit dieses Effektes von der Art der Verseilung wichtige Fingerzeige gegeben haben.

Auf die früher gelegentlich verwendeten Kombinations- oder Bimetalldrähte, bestehend aus einer Kupferseele und einem Eisenmantel nach J. M. Miller[2]) oder umgekehrt[3]), ist auch neuerdings wieder hingewiesen worden. Derartige Leitungen bieten indessen kaum Vorteile. Da sie auch Kupfer benötigen, kommen sie während der Kriegszeit nicht in Frage. Aussichtsreicher erscheint die von E. T. Driver und E. V. Pannell[4]) vorgeschlagene Kombination Aluminium-Stahl für Freileitungen, wobei die Stahlseele die Verwendung derartiger Seile in Weitspannanlagen ermöglicht. Vgl. auch S. 59.

**Kabel.** In einem zusammenfassenden Vortrage sind von Humann[5]) die Fortschritte auf dem Gebiete der elektrischen Kraftübertragung mittels Kabel behandelt worden. Die Arbeit bietet eine gute Zusammenstellung des bisher vorliegenden Materials und gibt eine allgemeine Darstellung der bei Aufbau und Betrieb von Hochspannungskabeln zu beobachtenden Erscheinungen. — Eine konstruktive Abänderung für Hochspannungskabel schlägt Höchstädter[6]) vor, darin bestehend, daß insbesondere bei Dreileiterkabeln die einzelnen Adern über der Isolation Metallumwicklungen erhalten, die mit der der anderen Adern und dem Bleimantel in leitender Verbindung stehen. Durch eine derartige Umhüllung wird die Potentialverteilung im Kabel regelmäßig und genau bestimmbar, wodurch gewisse elektrische Vorteile erzielt werden. Demgegenüber steht allerdings in vielen Fällen ein größerer Aufwand an Isoliermaterial, wenn dieselbe Betriebssicherheit erreicht werden soll. — Im Anschluß an eine frühere Arbeit von Proos stellt Guttsmann[7]) Formeln auf, aus denen sich bei der Übertragung von Drehstrom durch 3 Einfachkabel Bleimantelwiderstand und Induktion aus den geometrischen Daten berechnen läßt. Übrigens wurden nach E. Soleri[8]) als Speiseleitungen im Mont-Cenis-Tunnel Einfachkabel für Hochspannung verlegt. — Für Kabel mit Aluminium, Zink und Eisenleiter stellt Humann[9]) eine Belastungstabelle auf, in der in bequemer Weise sämtliche Ziffern zusammengefaßt sind. Für die Herstellung und Verlegung von Zinkkabeln, die in großen Mengen bereits zur Verwendung gelangten, bestehen[10]) kaum irgendwelche Schwierigkeiten, abgesehen von der durch die geringere Leitfähigkeit bedingten Erhöhung des Querschnittes. — In einer bemerkenswerten Notiz der SSW[11]) wird auf die Wichtigkeit hingewiesen, für Kabelarmaturen zweckmäßige Vergußmassen zu verwenden. Gerade auf diesem Gebiete werden häufig Fehler gemacht, indem billige Vergußmassen von unbekannter Zusammensetzung verwendet werden, die dann zu Durchschlägen Veranlassung geben.

**Isolierte Leitungen.** Für isolierte Leitungen ist die Verwendung von Zink in hohem Maße gefördert worden. Es gelang, Zinkdrähte von so guten mecha-

nischen Eigenschaften herzustellen, daß nennenswerte Schwierigkeiten weder für die Fabrikation noch für die Verlegung derartiger Leitungen mehr bestehen. Über die durch die Natur des Zinks bedingten besonderen Maßnahmen und die entsprechenden Normalien s. S 24.

Zum Anschluß ortsveränderlicher Stromverbraucher wurden zunächst Gummiaderschnüre und Werkstattschnüre mit Litzen aus verzinkten Eisendrähten vorgesehen, da die Herstellung feiner Zinkdrähte anfänglich Schwierigkeiten bereitete. Gegen Ende des Jahres waren jedoch auch diese Mängel behoben und es ist auch die Zulassung von Zinkschnüren in Aussicht genommen. Als Ersatz für Baumwolle und Jute wurde bei isolierten Drähten und Kabeln nach Planer[12]) vielfach Papiergarn benutzt, dessen Herstellung auch in sehr feinen Nummern während des letzten Jahres bemerkenswerte Fortschritte gemacht hat. Vielleicht ist auch diesem heimischen Produkt noch eine große Bedeutung in der Zukunft beschieden.

**Isolierstoffe.** Nachdem Kautschuk für die Isolation von Leitungsmaterial nur in sehr beschränktem Maße noch zur Verfügung gestellt werden konnte, wurde für Installationsleitungen fast allgemein Regenerat verwendet. Tatsächlich gelang es, unter ausschließlicher Verwendung von Regenerat Isolierhüllen herzustellen, die, wenn auch dem Normalgummi der Friedensjahre nicht gleichwertig, so doch immerhin ein wenigstens annehmbares Ersatzmittel darstellen. Naturgemäß hängt die Güte und Brauchbarkeit des Materials wesentlich von der Art und Aufbereitung des benutzten Altgummis ab. — Wesentliche Fortschritte wurden in der Herstellung des synthetischen Kautschuks erzielt, worüber Hinrichsen[13]) berichtet. Besonders für die Herstellung von Hartgummi erweist sich das synthetische Produkt gegenüber dem Naturkautschuk nicht nur ebenbürtig, sondern in gewisser Beziehung sogar überlegen. Auch wirtschaftlich erscheint eine Konkurrenz mit dem Naturprodukt nicht ausgeschlossen. Zur Isolation von Aluminiumleitungen schlagen Skinner und Chubb[14]) einen elektrolytischen Niederschlag von Tonerde vor, der sich indessen wohl nur für solche Zwecke eignet, wo die Isolation mechanischen Einflüssen entzogen ist, also z. B. für Spulenwicklungen oder ähnliche Anwendungen. — Als neues Isoliermaterial von bemerkenswerten Eigenschaften wird Prestonit[15]) erwähnt. Auch das sog. Cellon und Cellonlacke[16]) werden zur Anwendung für elektrotechnische Zwecke empfohlen.

Zahlreiche Autoren haben sich auch im vergangenen Jahre mit der Frage der Durchschlagsfestigkeit der Isolierstoffe und zweckmäßigen Untersuchungsmethoden für diese Größe beschäftigt. — Schwaiger[17]) hat im Anschlusse an frühere Arbeiten eingehende Versuche darüber angestellt, wie sich die Durchschlagsfestigkeit bei hygroskopischen Isolationsmaterialien, insbesondere Papier und Preßspan ermitteln läßt; insbesondere wurde die Abhängigkeit von der relativen Feuchtigkeit, der Einwirkungsdauer der Feuchtigkeit sowie der Stufendauer für die Einwirkung der Hochspannung und anderen Faktoren erforscht. — Peek[18]) veröffentlichte Untersuchungen über das elektrische Verhalten fester Isolierstoffe. Seine Arbeit erstreckt sich vorwiegend auf die Verluste im Dielektrikum, wobei das quadratische Gesetz im allgemeinen bestätigt wurde, sowie die Abhängigkeit der Durchschlagsspannung von der Zeit der Elektrisierung. Bezeichnet man mit $T$ die Zeit in Sekunden, mit $g_s$ die Durchschlagsspannung bei langandauernder Einwirkung und mit $a$ eine Konstante, so ergibt sich als Formel für die Durchschlagsspannung bei kürzeren Zeiten

$$g = g_s\,(1 + a/\sqrt[4]{T}).$$

Ebenso wird die Abhängigkeit der spezifischen Durchschlagsspannung von der Isolationsstärke untersucht. In einer umfangreichen Arbeit beschäftigt sich derselbe Verfasser[19]) dann mit der Wirkung von Überspannungen auf Dielektrika. Zu diesem Zweck hat er einen Generator für Überspannungen konstruiert, mit dem jede beliebige Wellenzahl, Periodenzahl usw. erzeugt werden konnte. Von dem Gedanken ausgehend, daß zum Durchschlage gasförmiger,

flüssiger und fester Isolierstoffe eine gewisse Zeit notwendig ist und daher Energie benötigt wird, ergibt sich, daß wenn eine Spannung nur eine sehr kurze Zeitperiode einwirkt, wie z. B. bei einer Überspannungswelle, noch kein Durchschlag stattfindet, selbst wenn die aus einem kontinuierlichen Versuch bestimmte Durchschlagsspannung bereits erreicht ist. — F. Kock[20]) untersucht die elektrische Durchschlagsfestigkeit von flüssigen, halbfesten und festen Isolierstoffen in Abhängigkeit vom Druck. Nach seinen Ergebnissen nimmt für flüssige und halbflüssige Stoffe bei kleinen Drucken die Durchschlagsfestigkeit proportional dem Überdruck zu. Bei festen Körpern ist sie bis zu 50 atm unabhängig vom Überdruck. Die Durchschlagsfestigkeit erscheint ferner fast unabhängig von der Schichtdicke bei flüssigen und halbflüssigen Stoffen. Dagegen war sie beeinflußt von Kurvenform und Art der Elektrisierung. — Minton[21]) zeigt, daß man mit Hilfe der Kathodenstrahlröhre den Energieverlust in Isolierstoffen unmittelbar bestimmen kann, wenn Strom und Spannung direkt gemessen werden. Derartige Versuche können bis nahe an die Durchschlagsspannung des Materials ausgeführt werden. Aus einer empirischen Gleichung ergibt sich, daß die elektrischen Verluste sich wie die Potenzen 1,32 bis 2,52 der Spannung verhalten. Es werden also Abweichungen von dem quadratischen Gesetz festgestellt. Eingehende Untersuchungen erstreckten sich weiter auf Einfluß und schädliche Wirkung der Feuchtigkeit sowie hoher Temperaturen.

Chernyshoff und Butman[22]) haben die verschiedenen Prüfmethoden zur Untersuchung von Porzellanisolatoren mit Hochspannung einer kritischen Vergleichung unterzogen. Sie kommen zu dem Ergebnis, daß die Überschlagsspannung nur wenig von der Frequenz abhängig ist. — Für die Prüfung von Platten an Mikanit oder ähnlichen geschichteten Isoliermaterialien hat C. N. Moore[23]) mit Erfolg Röntgenstrahlen verwendet. — Zu Arbeiten mit besonders hohen Spannungen wurde von der Maschinenfabrik Örlikon ein Transformator für 500000 V gebaut[26]), der dauernd 500 kVA herzugeben vermag.

[1]) Z. Ver. D. Ing. 1915, S 544, 565. — ETZ 1915, S 44, 128. — [2]) J. M. Miller (nach Bull. Bur. Stand. Bd 12), El. World Bd 66, S 1268. — [3]) ETZ 1915, S 572. — [4]) E. T. Driver u. E. V. Pannell, El. World Bd 66, S 524. — [5]) P. Humann, El. Kraftbetr. 1915, S 313, 424. — [6]) Höchstädter, ETZ 1915, S 617. — [7]) M. Guttsmann, ETZ 1915, S 181. — [8]) E. Soleri (nach Elettr., Mil.), El. World Bd 66, S 709. — [9]) P. Humann, ETZ 1915, S 661. — [10]) Mitt. Ver. EW 1915, S 351. — [11]) SSW, ETZ 1915, S 233. — [12]) V. Planer, Helios Fachz. 1915, S 557. — [13]) W. Hinrichsen, Z. Ver. D. Ing. 1915, S 16. — [14]) C. E. Skinner u. L. W. Chubb, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 81. — [15]) ETZ 1915, S 668. — [16]) Helios Fachz. 1915, S 465. — [17]) A. Schwaiger, Arch. El. Bd 3, S 332. — [18]) F. W. Peek, Gen. El. Rev. 1915, S 1050. — [19]) F. W. Peek, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 1695. — [20]) F. Kock, ETZ 1915, S 85, 99. — [21]) J. P. Minton, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 1115. — [22]) A. Chernyshoff u. C. A. Butman (nach El. Journal), Electr. (Ldn.) Bd 75, S 554. — El. World Bd 65, S 1554. — [23]) C. N. Moore, Gen. El. Rev. 1915, S 195. — [24]) Maschinenfabrik Örlikon, ETZ 1915, S 584.

---

## Ausführung der Leitungen, Stromsicherungen, Installationsmaterial, Schaltanlagen und Schalter.

Von Oberingenieur Karl Hansen Bay.

**Ausführung der Leitungen.** Der Kupfermangel hat im verflossenen Jahre auf unsere Leitungsbauten großen Einfluß gehabt, so daß man vielfach als Ersatz für Kupfer verzinktes Eisen hat verwenden müssen, wobei es sich bei näherer Prüfung der Verhältnisse oft gezeigt hat, daß man sogar mit Vorteil Eisen als Leitungsmaterial gebrauchen kann. Unsere Überlandzentralen haben viele

Leitungsstrecken mit Querschnitten, die nur mit Rücksicht auf die Festigkeit der Leitungen bemessen sind. Die Belastung ist, besonders wenn es sich um Stichleitungen handelt, oft so gering, daß die verwendeten Kupferleitungen von 16 mm², ohne daß die Verluste zu hoch werden, gegen Eisenleitungen von 25 mm² ausgewechselt werden können. Die vorhandenen Mastkonstruktionen sind meistens ausreichend, benötigen jedenfalls nur an wenigen Stellen geringer Verstärkungen. Auch in vielen kleineren Hochspannungsschaltanlagen sind mit Vorteil diese Verbindungsleitungen und Sammelschienen aus Eisen oder aus Zink herzustellen. Neben den wirtschaftlichen Vorteilen erreicht man auch einen besseren Schutz gegen Überspannungen. Es ist deshalb anzunehmen, daß auch nach dem Kriege vielfach als Ersatz für Kupfer Eisen, Zink oder Bimetall verwendet werden wird, um so mehr als man in der Schweiz bereits seit Jahren Eisen für schwach belastete Hochspannungsleitungen mit Erfolg verwendet.

Über die Ausführung der Eisenleitungen gibt Dettmar[1]) im Anschluß an vorjährige Veröffentlichungen Ratschläge. Esch[2]) gibt die erforderlichen Gleichungen für die Berechnung des Wechselstromwiderstandes von Ein- und Mehrfachleitungen. Er befürwortet die Verwendung von Doppelmetallseilen für Fernleitungen. Hierfür käme außer den in Deutschland bekannten Bimetallseilen (Eisendrahtseele mit Kupfermantel) auch Stahl-Aluminiumseile, d. h. Aluminiumseile, deren äußere Adern aus Aluminium, die inneren Adern aus Stahl bestehen. Driver und Pannell[3]) geben Berechnungen über solche Leitungen; sie weisen auf die zehnjährigen Erfahrungen hin, die in ausgedehnten Anlagen damit gemacht worden sind. In Deutschland sind im allgemeinen die Erfahrungen mit Aluminiumleitungen nicht gut gewesen. Jedenfalls dürfen nicht zu kleine Querschnitte (nicht unter 50 mm²) verwendet werden; auch scheint die Reinheit der Luft für die Erhaltung der Leitungen eine große Rolle zu spielen. Über Beschädigungen an Kupferleitungen wird in der Diskussion über die Konstruktionseinzelheiten der Freileitungen berichtet.[4]) Sumec[5]) und Pender[6]) geben Berechnungsmethoden für die Durchhänge und Beanspruchung der Freileitungen. Beron[7]) gibt eine übersichtliche Zusammenstellung der behördlichen Vorschriften für den Leitungsbau in Österreich und Deutschland.

**Isolatoren.** Wohl kein Teil unserer Hochspannungsanlagen wird zurzeit mit größerem Interesse behandelt als die Isolatoren.

Auch in diesem Jahr sind es besonders die Amerikaner, die in vielen Veröffentlichungen ihre Erfahrungen und Untersuchungen mitteilen. Aus allem geht aber hervor, daß bis heute die Konstruktion der Isolatoren nicht einwandfrei gelöst ist. Es ist noch nicht gelungen, einen auf einer eisernen Stütze montierten Isolator zu konstruieren, der den Einwirkungen der Blitzentladungen standhält. Auch die Hängeisolatoren mit gekitteten Armaturen können noch nicht als absolut betriebssicher bezeichnet werden. (Über die neueren Konstruktionen liegen längere Betriebserfahrungen nicht vor.) Aus allen Mitteilungen scheint hervorzugehen, daß der zum Aufkitten der Armaturteile verwendete Zement als Baumaterial nicht einwandfrei ist. Allister[8]) gibt an, daß die Isolatoren für eine Leitung in Japan ebenso leicht während des Lagerns in den Lagerräumen wie im Betrieb, also nicht aus elektrischen Ursachen, defekt werden. Leider geht aus seinen Berichten nicht hervor, ob die Temperatur in den Lagerräumen sehr stark gewechselt hat. Anderseits konstatiert Creighton[8]), daß Bang 10% mehr Schaden an den unter Spannung stehenden Isolatoren als an der Reserveleitung festgestellt hat. Er ist der Ansicht, daß der größte Teil der Schäden auf ungleiche Ausdehnung von Eisen und Porzellan zurückzuführen ist. Creighton[8]) will zum zementlosen Isolator, der zuerst verwendet, aber bald verlassen wurde, zurückkehren. (Hewletisolator.)

Bang[9]) bringt in einem Bericht über eingehende Untersuchungen an den in einer großen Anlage verwendeten Isolatoren viel Interessantes. Auch Austin[10]) berichtet über Defekte an Isolatoren, die auch neuerdings in Deutschland vorgekommen sind und wohl auch auf die Ausdehnung des als Kittmaterial verwendeten Zements zurückzuführen sind. Es ist noch nicht einwandfrei fest-

gestellt, ob es sich um ein Treiben der Zementschicht oder um deren Ausdehnung bei Temperatursteigerung handelt. Jedenfalls scheinen die Schäden nur aufzutreten, wenn die Zementschichten verhältnismäßig dick sind.

Für die Prüfung der Isolatoren hat man verschiedene neue Methoden verwendet, z. B. die von Creighton. Er berichtet in einer größeren Abhandlung[11]) über die Fabrikation und Prüfung von Isolatoren. Die Diskussion über die Abhandlung wie auch die Aufsätze von Chernyshoff und Butman[12]) und Grigsby[13]) sowie Peck[14]) bringen viel Neues zur Klärung der Frage. Auf Grund der gewonnenen Erfahrungen hat man Normalien[15]) für die Prüfung der Isolatoren provisorisch aufgestellt. Aus der Diskussion geht hervor, daß noch keine Einigkeit über das zweckmäßigste Prüfverfahren herrscht, da die zurzeit verwendeten Isolatorentypen so gebaut sind, daß sie selbst bei ganz einwandfreiem Material bei zu lange andauernder Beanspruchung und unvorsichtiger Prüfung durchschlagen werden, und zwar nicht etwa unter Öl, sondern in der Luft. Über eine größere Prüfanlage für Freileitungsisolatoren bis 200000 V berichtet Scheid[16]). Über die Abhängigkeit der Überschlagsspannung von der Luftfeuchtigkeit und der Luftdichte berichtet Peek[17]).

Kuhlmann[18]) gibt neue Beiträge zur Berechnung der Hochspannungsisolatoren. Thomas[19]) beschreibt eine Kraftübertragung für 100000 V, die mit zweiteiligen Kappenisolatoren ausgerüstet sind. Zu jeder Hängekette werden 7 Isolatoren verwendet. Die Einkittung (Einzementierung) der Klöppel erfolgt, um Spannungen bei deren Ausdehnung zu vermeiden, in einem mit Dampf gefüllten Raum. Die Prüfung erfolgte nach den Vorschriften von Thomas und Imlay (Impact test). Der Aufsatz enthält Tabellen über die Überschlagsspannung von 2 bis 8 Isolatoren, sowie Spanntabellen für die Leitungen und Tabellen über die Koronaverluste.

Einige neuere Anlagen in Schweden[20]) und Deutschland erhielten Hängeisolatoren mit abgestufter Kapazität, um die Spannung gleichmäßig auf die einzelnen Isolatoren der Ketten zu verteilen. Bei neueren Ausführungen von Kappenisolatoren werden die Aussparungen zur Aufnahme der Klöppel innen mit einem metallischen Überzuge versehen, der mit dem Klöppel in leitende Verbindung gebracht wird, um gleichmäßige Feldverteilung und unvollkommene Durchschläge der Zementschicht zu vermeiden.

Über Isolatoren aus Hartpapier für Innenräume berichtet Fischer[21]).

**Stützpunkte.** Moll[22]) berichtet über die Gesetzmäßigkeiten im Abfall hölzerner Maste. Er bewertet die imprägnierten Maste nach der Formel: Wirtschaftlichkeitsfaktor gleich mittlere Jahresausgabe gleich Beschaffungswert geteilt durch mittlere Dauer. Unbekannt sei hierbei meistens die mittlere Dauer. Die hierüber seitens der Telegraphenverwaltungen vorliegenden Erfahrungswerte können nicht ohne weiteres verwendet werden, da die Behörden meistens das Imprägnieren ihrer Maste überwachen, was seitens der Privatabnehmer nicht üblich ist. Naturgemäß ist die Lebensdauer abhängig von der richtigen Ausführung der Imprägnierung. Er weist darauf hin, daß die Lebensdauer der Maste, die nach dem Sparverfahren imprägniert sind, geringer ist als die nach dem ursprünglich angewandten Verfahren der Tränkung mit Teeröl. Die mittlere Dauer der Maste nach den beiden Tränkungsarten ist etwa 20 bzw. 24,8 Jahre.

Rhodes u. Hosford[23]) berichten über Versuche mit Holzmasten, die sich über einen Zeitraum von 18 Jahren erstrecken. Daß auch Holzmaste für Flußkreuzungen[24]) und zu Leitungen für 100000 V Verwendung finden, ist aus der Beschreibung der Kraftübertragungsanlage der Montana Power Comp.[25]) zu ersehen. Die einzelnen Stützpunkte bestehen aus zwei Holzmasten aus Zedernholz, die an einem Verbindungsjoch die Hochspannungsleitungen in wagerechter Anordnung tragen.

Walls, Leeper, Mitchell und Downing[26]) sowie Conney[27]) und insbesondere Cudebec[28]) berichten sehr ausführlich über die Herstellung der Fernleitungsstrecken. Bemerkenswert ist die Aufstellung der Maste, die meistens so gebaut sind, daß jeder Eckwinkel sein eigenes Fundament erhält. Aus den Be-

schreibungen einiger größerer Anlagen [29, 30]) sind noch manche, den Freileitungserbauer interessierende Einzelheiten zu entnehmen.

**Stromsicherungen.** Eine neue Hochspannungssicherung amerikanischer Konstruktion ist in der ETZ[31]) beschrieben. Die Glaspatrone ist mit Tetrachlorkohlenstoff gefüllt. Nach ausgeführten Versuchen öffnet die Sicherung den Stromkreis in 0,02 s. Versuche mit Sicherungen für 66000 V fielen befriedigend aus.

**Installationsmaterial.** G. W. Meyer[32]) berichtet ausführlich über alle Neuerungen in der Ausführung von elektrischen Sekundäranlagen. Einige kleine Druckknopfschalter werden im El. Anz.[33]) beschrieben.

Um Transformatoren in Niederspannungsnetzen mit geerdetem Mittelleiter gegen Erdschlüsse resp. einphasige Kurzschlüsse zu schützen, empfiehlt Heinisch[34]) automatisch durch den Nulleiterstrom betätigte Schalter. In der Tat ist die richtige Absicherung der Transformatoren für Ortsnetze nicht leicht. Meistens brennen die einigermaßen richtig bemessenen Sicherungen durch, wenn mehrere Motoren im Netz gleichzeitig angelassen werden. Die Monteure sehen sich deshalb gezwungen, stärkere Sicherungen vor den Transformatoren einzubauen. Treten neue Kurzschlüsse in den Fernleitungen in einiger Entfernung von dem Transformator auf, dann kann der Kurzschlußstrom, begrenzt durch den Widerstand der Leitungen, den Transformator zerstören, ohne daß die Sicherungen abbrennen. Hiergegen würden Vorrichtungen[35]) schützen, die bei zu hoher Temperatur des Transformators diesen abschalten. Bei ausgedehnten Netzen wird die Anbringung richtig bemessener Sicherungen an geeigneten Stellen der Hauptleitungen, z. B. an den Querschnittsänderungen die erwähnte Gefahr bedeutend herabsetzen und den Vorteil haben, daß bei einer Störung im Netz nicht immer das ganze Netz abgeschaltet wird.

Über neue Normalien für Zinkleitungen berichtet Dettmar[36]).

**Schaltanlagen.** Neue Veröffentlichungen über Schaltanlagen[37]), ausgeführt durch amerikanische Firmen, zeigen die Vorliebe für Außenschaltwerke, die bis zu den höchsten Spannungen gebaut werden. Auch bei den Zentralschaltanlagen wird von einer Unterteilung der Anlage und Anbringung der Schalter usw. in getrennten Kammern Abstand genommen. Ein Beispiel gibt die Anlage der Inawashiro Hydroelectric Power Co.[38]) in Japan. Bemerkenswert sind hier auch die aus sechs einzelnen Elementen zusammengebauten Stützisolatoren; sie haben gegen Biegung eine Bruchfestigkeit von 500 kg. Für Stützisolatoren im Freien sind zehn Elemente zusammengebaut.

Über die Überwachung der Betriebe großer Zentralen berichten Robley[39]) und More[40]).

**Schalter.** An der Verbesserung der Ölschalter ist im letzten Jahre intensiv gearbeitet worden. So sind auf Veranlassung des Schweizer Elektrotechnischen Vereins eingehende Versuche zur Klärung der Vorgänge im Ausschaltlichtbogen gemacht worden. Die ersten Berichte[41]) liegen bereits vor. Auch Randall[42]) berichtet über solche Untersuchungen.

Biermanns[43]) berichtet über die Schutzwiderstände der Ölschalter und über die Abschaltung großer Energien. Weitere Beiträge lieferten Lux (Ölschalterexplosionen)[44, 45]) und Weinberger (Brandschutz)[46]), Münzinger (Brandschutz)[47]), Fleischmann (Luftdruck)[48]).

Niethammer[49]) berichtet über einen vom Schweizer Elektrotechnischen Verein ausgestellten einphasigen Ölschalter für 80000 V und 6 hintereinander geschalteten Unterbrechungsstellen. In den meisten Schaltanlagen ist bisher viel zu wenig Wert darauf gelegt worden, zu verhindern, daß etwa austretende Ölgase mit den spannungsführenden Leitungen in Verbindung kommen. Es dürfte oft vorgekommen sein, daß die Öldämpfe Überschläge an den Isolatoren außerhalb des Schalters hervorgerufen haben. Eine Zündung der Öldämpfe im Schalter selbst tritt selten auf und dürfte nur vorkommen können, wenn entweder der Ölkasten ganz gesprengt wird oder so viel Öl herausgeschleudert wird, daß die nach dem Ausschalten des Schalters unter Spannung stehenden Isola-

toren nicht mehr in das Öl tauchen. Neueste Ausführungen von Schaltern haben Vorkehrungen, die die durch den Ausschaltlichtbogen hervorgerufenen Drucke unschädlich machen und die entstehenden Gase von der Schaltanlage fortleiten.

Über Versuche mit Luftschaltern für Hochspannungsfernleitungen berichtet Benett[50]). Weitere Beschreibungen[51]) ausgeführter Schalter zeigen, daß sie in größeren Anlagen Verwendung gefunden haben. Da die Schalter, um betriebssicher zu sein, sehr reichlich bemessen werden müssen, bietet die Montage große Schwierigkeiten.

[1]) Dettmar, ETZ 1915, S 9. — [2]) F. W. Esch, ETZ 1915, S 185. — [3]) E. T. Driver u. Ernest V. Pannell, El. World Bd 66, S 524. — [4]) Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 284 (s. JB 1914, S 67). — [5]) J. Sumec, ETZ 1915, S 327. — [6]) H. Pender, El. World Bd 66, S 344. — [7]) R. Beron, El. Masch.-Bau 1915, S 78. — [8]) Allister, Creighton, Lof, El. World Bd 66, S 7. — [9]) A. Bang, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 1425. — [10]) A. O. Austin, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 615. — [11]) E. E. F. Creighton, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 753; Disk. S 2622. — [12]) A. Chernyshoff u. C. A. Butman, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 554. — [13]) O. E. Grigsby, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 634. — [14]) E. P. Peck, El. World Bd 66, S 1077. — [15]) Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 300 (s. JB 1914, S 66), 1033. — [16]) F. Scheid, ETZ 1915, S 421, 442. — [17]) F. W. Peek jr., Gen. El. Rev. 1915, S 137. — [18]) K. Kuhlmann, Arch. El. Bd 3, S 203. — Bull. Schweiz. EV. 1915, S 81. — [19]) Percy H. Thomas, El. World Bd 65, S 29, 87. — [20]) Lof, El. World Bd 66, S 11. — [21]) K. Fischer, ETZ 1915, S 453. — [22]) F. Moll, Helios Fach- u. Exportz. 1915, S 186. — [23]) F. L. Rhodes u. R. F. Hosford, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 2343. — [24]) El. World Bd 66, S 586. — [25]) El. World Bd 65, S 1535. — [26]) J. A. Walls, J. B. Leeper, W. E. Mitchell, P. M. Downing, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 1167. — [27]) F. C. Conney, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 1369. — [28]) A. B. Cudebec, El. World Bd 66, S 127. — [29]) El. World Bd 66, S 136. — [30]) El. World Bd 65, S 1396. — [31]) ETZ 1915, S 470. — [32]) G. W. Meyer, Helios Fachz. 1915, S 317, 329, 335, 346, 352, 362, 368, 375, 392, 400, 408, 418, 425. — [33]) El. Anz. 1915, S 25, 63. — [34]) Heinisch, ETZ 1915, S 67. — [35]) ETZ 1915, S 79. — [36]) Dettmar, ETZ 1915, S 129, 517. — [37]) El. World Bd 66, S 286, 1357, 1387. — [38]) El. World Bd 65, S 1599, 1671. — [39]) R. R. Robley, El. World Bd 65, S 1418. — [40]) L. J. More, El. World Bd 65, S 1422. — [41]) Kommission des Schweiz. EV., Bull. Schweiz. EV. 1915, S 137, 290; Bauer, S 300. — [42]) K. C. Randall, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 271; Disk. S 2573. — [43]) J. Biermanns, Arch. El. Bd. 3, S 5. — [44]) G. Lux u. A. Weinberger, ETZ 1915, S 278. — [45]) A. Weinberger, ETZ 1915, S 157. — [46]) A. Weinberger, ETZ 1915, S 433. — [47]) F. Münzinger, ETZ 1915, S 284. — [48]) L. Fleischmann, Arch. El. Bd 4, S 86. — [49]) Niethammer, El. Masch.-Bau 1915, S 366. — [50]) C. E. Benett, El. World Bd 66, S 853. — [51]) El. World Bd 65, S 743.

---

## Überspannungen, Störungen, Gefahren, Korona.

Von Prof. Dr.-Ing. W. Petersen.

**Überspannungen.** Seit dem Erscheinen der „Elektromagnetischen Ausgleichsvorgänge" von K. W. Wagner ist erst eine kurze Spanne Zeit verflossen. Trotzdem darf man bereits von einem gewissen Abschluß der Behandlung der Wanderwellen im großen sprechen. Als Abschluß in diesem Sinne kann man die erschöpfende Untersuchung K. W. Wagners[1]) über die induzierenden Einwirkungen von Wanderwellen auf benachbarte Leitungen ansprechen. Wanderwellen induzieren auf benachbarte Leitungen wie z. B. Betriebsfernsprechleitungen bedeutende Spannungen und Ströme, welche zu schweren Betriebsstörungen führen können. Bei Vorhandensein bestimmter Resonanzbedingungen ist die Entstehung ganz besonders hoher Spannungen möglich. Das Schutzseil mildert in beachtenswertem Maße die induzierenden Wirkungen. In der Arbeit werden die auf gleiche Stufe mit den Maxwellschen Kapazitätsgleichungen zu

stellenden „Wellenwiderstandsgleichungen“, welche eine ebenso durchsichtige wie einfache Behandlung derartiger Aufgaben gestatten, entwickelt.

Wenn von einem gewissen Abschluß gesprochen wird, so darf hierunter keinesfalls eine Erschöpfung des Gebietes verstanden werden. Im Gegenteil, die Vertiefung in Einzelvorgänge und die Kleinarbeit verspricht noch eine reiche Ausbeute. Dies gilt u. a. ganz besonders für experimentelle Untersuchungen. Abgesehen von einer oszillographischen Untersuchung K. W. Wagners[2]) der Wellenvorgänge an einer künstlichen Leitung fehlen große experimentelle Arbeiten aus dem Gebiete der Wanderwellen. Der Experimentierkunst Wagners gelang es, alle eigenartigen, theoretisch vorausgesagten (vgl. hierzu auch K. W. Wagner[3]), die Oberschwingungen elektrischer Schwingungskreise) Erscheinungen wie z. B. die rechteckigen Wellenzüge, die treppenförmigen und sägeartigen Ladungs- und Entladungsschwingungen im Bilde festzuhalten. In einer eigenartigen Versuchsanordnung sucht Binder[4]) die Frage nach der Form der Wellenköpfe von Sprungwellen zu beantworten und kommt hierbei bei seinen Versuchen zu dem Ergebnis, daß sich der Anstieg der Sprungwelle in der Hauptsache auf eine Länge von etwa 30 m erstreckt. Unter praktischen Verhältnissen nimmt man im allgemeinen einen wesentlich sanfteren Anstieg der schroffen Wellenstirn an. Ein weiterer Beitrag von Wagner[5]) behandelt das Eindringen von Wellen mit schroffer Stirn in Spulen mit Windungskapazität. Einziehende Wellen verlieren ihre Schroffheit. Dagegen wächst die Zeit, mit welcher eine Windung durch die Überspannung beansprucht wird. Die höchste Beanspruchung der Windungen liegt in der Nähe des Winkelungsanfanges, ein zweites kleineres Maximum des Spannungsgefälles dagegen in der Mitte der Wickelung. Im Innern der Wickelung überschreitet die Spannung gegen Erde zwischen Anfang und Mitte zeitweise den Wert der Wellenspannung am Anfang der Wickelung. In das gleiche Gebiet schlägt die Untersuchung von Weed[6]) über das Verhalten von Transformatorenwicklungen, welche von Wellenzügen getroffen werden. Im Innern der Wickelungen entstehen, falls Resonanz- oder resonanzähnliche Bedingungen vorliegen, ganz bedeutende Überspannungen. Wirz[7]) teilt einige Messungen über die Spannungen zwischen den Klemmen von Stromwandlermodellen mit, welche Sprungwellen ausgesetzt werden. Seine Schlußfolgerung aus den Versuchen, daß die Ausführung der Stromwandlerwickelung von wesentlichem Einfluß auf die Höhe der an der Wickelung auftretenden Überspannungen ist, dürfte ihre Erklärung durch die Wagnersche Arbeit finden. Er untersucht weiterhin[8]) theoretisch den Wert der Überbrückungswiderstände von Stromwandlern. Nach der persönlichen Ansicht des Berichterstatters sind die theoretischen Voraussetzungen und damit das Ergebnis anfechtbar.

Rüdenberg[9]) beschäftigt sich mit der Berechnung der beim Abschalten von Induktionsmotoren auftretenden Ausschalte-Überspannungen und gibt für den praktischen Gebrauch eine interessante Tafel, aus der sich unmittelbar die Höhe der Widerstände im Läuferkreis abgreifen lassen, welche diese Überspannung auf einen bestimmten zugelassenen Wert beschränken.

Auf den von Martienssen[10]) gegebenen Hinweis, daß manche Überspannung auf Resonanz zwischen der Induktivität von Transformatoren mit legierten Blechen und der Leitungskapazität zurückzuführen ist, baut sich eine Untersuchung W. Petersens[11]) über die Entstehungsbedingungen und die Berechnung derartiger Überspannungen im Zusammenhang mit Leitungsbrüchen und ungleichpoligen Schaltvorgängen auf, welche u. a. die eigenartige Beobachtung des Rückwärtslaufens von Drehstrommotoren und den Einfluß von Drehstrommotoren auf das Zustandekommen dieser Überspannungen behandelt. Das gleiche Gebiet behandelt Biermanns[12]), welcher an der Hand einer einfachen rechnerischen Darstellung der Magnetisierungskurve die Form der Strom- und Spannungswellen, welche hierbei auftreten, vorausbestimmt, welche ebenso wie die von Biermanns für den einphasigen plötzlichen Kurzschluß von Dreiphasenmaschinen theoretisch ermittelten Formen der Spannungswellen in der nicht kurzgeschlossenen Phase sehr gut mit Versuchen übereinstimmen. Weiterhin

erörtert Biermanns[13]) die Möglichkeit von Resonanzerscheinungen zwischen der Streuinduktivität von Transformatoren sehr hoher Spannung und der Leitungskapazität sowie der Eigenkapazität der Transformatoren. Auf die gleiche Erscheinung weist Benischke[14]) hin. Sie wirkt besonders bei Prüftransformatoren sehr stark verzerrend auf die Spannungskurve der Oberspannungsseite.

Einen breiten Raum beanspruchen in der amerikanischen Literatur die dritten Oberschwingungen in Dreiphasentransformatoren und in Transformatoren zur Umformung von Zwei- oder Dreiphasenstrom. Peters[15]) gibt eine theoretische Darstellung der Entstehungsursache der dritten Oberschwingung, während Curtis[16]) eine Reihe von lehrreichen Oszillogrammen unter mannigfaltiger Veränderung der Schaltungsweise der Transformatoren (Stern—Stern, Stern—Dreieck, Dreieck—Stern usw.) gibt. Als beste Schaltung für die Vermeidung der dritten Oberschwingung empfiehlt er Generatoren in Stern und Transformatoren in Stern—Dreieck oder Dreieck—Stern. Sowohl Blume[17]) wie Clinker[18]) zeigen, daß der sterngeschaltete Spartransformator zu Resonanzüberspannungen der dritten Oberschwingung führen kann. Robinson[19]) will als Störungsursache und als Erreger von Resonanzüberspannungen sterngeschalteter Transformatoren geradzahlige Oberschwingungen beobachtet haben. Für deutsche Verhältnisse haben diese Fragen nicht die gleiche Bedeutung wie für amerikanische, da der Manteltransformator als Träger der dritten Oberschwingung — ihre Entstehung ist in Kerntransformatoren ausgeschlossen — bei uns nicht so weit verbreitet ist, und da weiterhin die Erdung des neutralen Punktes, die vielfach die Voraussetzung für die Entstehung dieser Resonanzüberspannungen ist, in Mitteleuropa sehr selten ist.

Mit den Vorzügen und Nachteilen dieser Erdung beschäftigt sich Voigt[20]) eingehend. Am wichtigsten dürfte der Hinweis sein, daß die Erdung des Nullpunktes in Hochspannungsnetzen nur über Widerstände erfolgen darf. Einige bemerkenswerte Funkenerscheinungen atmosphärischen Ursprungs in einer kleinen Anlage, an einem Turbinendruckrohr und an einem in der Verlegung begriffenen Kabel beschreibt Reindl[21]). Ringwald[22]) hat in mehreren Niederspannungsnetzen nachträglich den vierten (Nulleiter) so verlegt, daß er gleichzeitig als Blitzschutzseil dient. Der Erfolg war ausgezeichnet; die in diesen Netzen früher beobachteten häufigen Zerstörungen an Zählern, Sicherungen und Lampen verschwanden gänzlich nach dem Umbau; vgl. hierzu auch Ringwald[23]) und Rösch[24]).

**Irrströme.** Foster[25]) behandelt die durch Leckströme verursachten elektrolytischen Anfressungen an den Abspanndrähten und Isolatoren von Fahrdrahtleitungen. Bei ungenügender Kriechweglänge und unter besonderen atmosphärischen Verhältnissen (Nebel, rauchhaltige Luft, Salzablagerungen) zersetzen die Kriechströme die Feuchtigkeitsschichten zwischen den positiven Abspanndrähten und der Isolation; sie scheiden hierbei Sauerstoff ab, welcher die Verzinkung rasch wegfrißt und das Eisen stark angreift. Eine genügende Länge des Kriechweges dürfte das beste Mittel gegen das Zustandekommen der Leckströme sein.

Von rd. 1500 Eisenbetonmasten, welche im Staate New York 5 Jahre im Betrieb stehen, zeigten nur 3 Zerstörungserscheinungen[26]) durch Leckströme infolge mangelhafter Isolation der spannungsführenden Leitungen. Die Zerstörungen machten sich sehr frühzeitig, bevor sie gefährlich werden konnten, durch allmählich auftretende Risse und Sprünge im Beton bemerkbar.

**Gefahren, Unfälle, Schutz.** Wyßling[27]) stellt in einem Bericht der Kommission für Brandschutz des SEV und VSE eine ganze Reihe von Maßnahmen zusammen, welche das Weitergreifen von Ölbränden, insbesondere Ölschalterbränden, verhindern sollen. Die wichtigsten sind: Einbau der Schalter in geschlossene Zellen, Explosionsklappen an den Zellen, Ölablaufleitungen oder Gruben unter den Ölkesseln mit Schotterfüllung oder Metallgittern und gegebenenfalls Abzugsschornsteine, um die Verqualmung der Schaltanlagen durch das brennende Öl zu verhindern.

**Korona.** F. W. Peek jr.[28]) teilt eine Reihe von Glimmverlustmessungen an Versuchsleitungen und Hochspannungsleitungen, welche in den verschiedensten Gegenden der Vereinigten Staaten arbeiten, mit. Die gemessenen Werte stimmen recht gut mit dem von Peek aufgestellten quadratischem Gesetze[29]) überein. Nach diesem ist im Frequenzbereich von etwa 60 Perioden der Glimmverlust $p$ eines Leiters für 1 km in kW

$$p = 344 \cdot \frac{273 + t^0}{0{,}392\, b_{\mathrm{mm}}} \sqrt{\frac{r}{d}}\, f\,(E_p - E_0)^2 \cdot 10^{-5}$$

falls die Spannungen (gegen Erde) der Leitung symmetrisch sind. In der Formel ist $t$ die Lufttemperatur in $^0$C, $b_{mm}$ der Luftdruck in mm, $d$ der gegenseitige Drahtabstand und $r$ der Drahthalbmesser in cm, $f$ die Frequenz und $E_p$ die Spannung eines Leiters gegen Erde in kV (Phasenspannung), weiterhin

$$E_0 = m \cdot 21{,}2\, \frac{0{,}392\, b_{\mathrm{mm}}}{273 + t^0}\, r \operatorname{logn} \frac{d}{r}$$

mit $m = 1$ für polierte Runddrähte, 0,98 bis 0,93 für rauhe Drähte, 0,87 bis 0,83 für Seile.

Im Meinungsaustausch[30]) zu diesem Vortrage wurde darauf hingewiesen, daß Hochspannungsleitungen bereits erheblich unterhalb der Spannung $E_0$ Verluste zeigen. Erst nach Überschreitung von $E_0$ decken sich die gemessenen und die berechneten Verluste.

Whitehead[31]) behandelt die Theorie der Ionisierung in Gasen und weist darauf hin, daß die z. B. von Peek empirisch gefundene Formel für die (scheinbare) Durchbruchsfestigkeit $\delta_s$ der Luft (bei 25$^0$ C und 760 mm)

$$\delta_s = 32 + \frac{9{,}5}{\sqrt{r}} \text{ Kilovolt für das cm}$$

im Einklang mit der Theorie der Stoßionisierung steht.

Die Untersuchung von Mackenzie[32]) über die Glimmlichterscheinung bei geringen Drucken unter Gleichspannung führt hinsichtlich der Unterschiede im Aussehen der positiven und negativen Glimmerscheinung zu dem gleichen Ergebnis wie die Untersuchung von Farwell (JB 1914). Die positive Glimmerscheinung entwickelt sich selbst bei den niedrigsten zur Anwendung gekommenen Drucken und schlägt bei einer ganz bestimmten Spannung in die gewöhnliche Entladungsform von Geißlerröhren um. Im Gegensatz hierzu läßt sich eine negative Glimmerscheinung bei stärkeren Drähten nicht erzielen. Die erste sichtbare Entladung war die gewöhnliche Vakuumentladung. Nur bei dünnen Drähten entstand, allerdings auch nur bei nicht zu geringen Drucken, die negative Korona, welche gleichfalls bei einem bestimmten Punkte in die bekannte Entladungsform umschlug. Das Verhältnis der kritischen Spannungen der positiven und negativen Korona ist veränderlich und hängt bei einem gegebenen Drahthalbmesser vom Druck ab. Bei einem bestimmten Drucke sind die kritischen Spannungen gleich. Unterhalb dieses Druckes ist die negative kritische Spannung niedriger, oberhalb des Druckes höher. Die Korona kann infolgedessen einen Wechselstrom gleichrichten.

[1]) K. W. Wagner, Z. Instrk. 1915, S 137. — ETZ 1914, S 639, 677, 705. — [2]) K. W. Wagner, ETZ 1912, S 1289, 1321. — [3]) K. W. Wagner, Arch. El. Bd 1, S 47. — [4]) Binder, ETZ 1915, S 241, 259, 273. — [5]) K. W. Wagner, El. Masch.-Bau 1915, S 89, 105. — [6]) Weed, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 1549. — [7]) Wirz, Bull. Schweiz. EV. 1915, S 121. — [8]) Wirz, ETZ 1915, S 450, 467. — [9]) Rüdenberg, ETZ 1915, S 169. — [10]) Martienssen, ETZ 1914, S 135. — [11]) Petersen, ETZ 1915, S 353, 366, 383. — [12]) Biermanns, Arch. El. Bd 3, S 345. — [13]) Biermanns, Arch. El. Bd 4, S 36. — [14]) Benischke, ETZ 1915, S 396. — [15]) Peters, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 1657. — [16]) Curtis, Proc.

Am. Inst. El. Eng. 1914, S 1153. — [17]) Blume, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S 753. — [18]) Clinker, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S 785. — [19]) Robinson, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 1675. — [20]) Voigt, Bull. Schweiz. EV. 1915, S 49. — [21]) Reindl, ETZ 1915, S 691. — [22]) Ringwald, Bull. Schweiz. EV. 1915, S 113. — [23]) Ringwald, Mitt. Ver. EW. 1915, S 249. — [24]) Rösch, Mitt. Ver. EW. 1915, S 328. — [25]) Foster, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 1549. — [26]) El. Kraftbetr. 1915, S 215. — [27]) Wyßling, Bull. Schweiz. EV. 1915, S 290. — [28]) F. W. Peek, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 169. — [29]) F. W. Peek, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1912, S 1085. — [30]) Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 2620. — [31]) Whitehead, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 843. — [32]) Mackenzie, Electr. (Ldn.) Bd 76, S 247.

---

# IV. Kraftwerke und Verteilungsanlagen.

Wirtschaftlichkeit in der Elektrizitätsversorgung. Von Oberingenieur H. Büggeln, Stuttgart. — Kraftquellen. Einrichtungen des Elektrizitätswerks. Von Eugen Eichel, beratendem Ingenieur, Berlin. — Ausgeführte Anlagen. Von Dr. Bruno Thierbach, beratendem Ingenieur, Berlin.

## Wirtschaftlichkeit in der Elektrizitätsversorgung.

Von Oberingenieur Heinr. Büggeln.

Die Wirtschaftlichkeit in der Elektrizitätserzeugung und Versorgung hat auch im Berichtsjahre wieder bedeutende Fortschritte gemacht, wozu in den kriegführenden Ländern, besonders in Deutschland, der Weltkrieg ganz wesentlich beigetragen hat. Er zwang infolge der Aushungerungspolitik unserer Gegner zur erhöhten Selbsterzeugung von Roh- und Ersatzstoffen, und hierbei erwies sich die Elektrizität in den meisten Fällen als unbedingt notwendiges Hilfsmittel. Ihr fiel in der Hauptsache die Aufgabe zu, das fehlende Petroleum zu ersetzen, die Arbeiten des Landwirtes in noch größerem Maße zu erleichtern und zahlreiche Motoren für kriegsliefernde Industrien anzutreiben. So förderte der Weltkrieg einerseits den Bau und die Erweiterung ganz großer Kraftwerke und Leitungsnetze, anderseits führte er zu umfangreicherem Zusammenschluß bestehender Werke, besonders dort, wo sich der Betrieb von Dieselmotoren wegen Mangels an Treiböl oder der Teuerung von Teeröl nur in sehr unwirtschaftlicher Weise hätte aufrecht erhalten lassen.

**Großanlagen und Wasserkräfte.** Von ganz bedeutendem Interesse ist der im Berichtsjahre erfolgte Übergang der Berliner Elektrizitätswerke aus privatem in städtischen Besitz[1]), und zwar ist dieser Vorgang nicht in der Hauptsache aus wirtschaftspolitischen Gründen bemerkenswert, sondern weil durch das Freiwerden bedeutender Kapitalien die Gesellschaft Berliner Elektrizitäts-Werke in die Lage versetzt wurde, die Ausführung des schon länger geplanten Großkraftwerkes bei Bitterfeld zu verwirklichen. Dies Unternehmen, das die umfangreichen Braunkohlenfelder bei Golpa und Zschornewitz ausnutzen wird und daher als ein klassisches Beispiel für die Ausnutzung eines noch dazu minderwertigen Brennstoffes unmittelbar an der Quelle anzusehen ist, wurde ganz besonders dadurch gefördert, daß ein ganz riesiger Stromabsatz für die Gewinnung von Luftstickstoff (vorläufig 500 Mill. kWh im Jahre) gewährleistet wurde. Diese Art der Ausnutzung erweist sich als so wirtschaftlich, daß der Erzeugungspreis für die kWh nur noch den Bruchteil eines Pfennigs beträgt. Von verschiedenen Berichten über die Entwicklung dieser Dinge sei der von Martell[2]) genannt. Der erste Ausbau des Werkes wird 8 Maschinensätze von insgesamt 180000 kW umfassen, die im Berichtsjahre zum Teil in Betrieb gekommen sind.

Das soeben genannte Beispiel zeigt besonders deutlich, daß mit der Größe der Kraftwerke und mit der zweckmäßigen Ausnutzung des Brennstoffes nicht

nur die Wirtschaftlichkeit der Stromerzeugung, sondern auch des Strombezugs immer mehr gesteigert wird. Gegenwärtig ist daher in den allermeisten Fällen der Bezug von elektrischer Energie wirtschaftlicher als die Selbsterzeugung. Das gilt heute teilweise schon für solche Industrieanlagen, in denen Abdampf oder Zwischendampf nutzbringend verwertet werden kann. Trotzdem werden immer wieder, wenn auch nur vereinzelt, Stimmen zugunsten von Einzelanlagen laut. Soweit diese aus interessierten Kreisen kommen, sind die Beweggründe verständlich, während das weniger der Fall ist, wenn die Stimmen von Fachleuten kommen, die als unparteiisch gelten. Büggeln[3]) wendet sich in zwei Berichten mit aller Entschiedenheit gegen solche Strömungen und widerlegt die Einwände, die gegen den Strombezug gemacht werden.

Wiederholt ist im Berichtsjahre die umfangreichere Ausnutzung von kleineren und mittleren Wasserkräften und von überschüssiger Energie empfohlen worden. Als besonders warmer Befürworter zeigt sich Thierbach[4]) in einer Abhandlung über die Wasserkräfte des Berg- und Hügellandes in Preußen und ihre Bedeutung für die Elektrizitätserzeugung. Er spricht für eine planmäßige Zusammenfassung der kleinen und kleinsten Wasserkräfte und wünscht, daß der Staat die Überlandwerke zwingen möge, die in solchen Anlagen erzeugte überschüssige Energie zu angemessenen Preisen aufzunehmen. Ferner macht er auf Grund des in der Landesanstalt für Gewässerkunde enthaltenen Materials Angaben über die Leistung der vorhandenen ausgebauten und unausgebauten Wasserkräfte und die Kosten der Stromerzeugung. Büggeln[5]) behandelt in einer längeren Ausführung das Baadersche Projekt zur Beseitigung der Donauversickerung bei Immendingen und die wirtschaftliche Ausnutzung der dabei frei werdenden Wasserkräfte in Verbindung mit dem Kraftwerk Laufenburg. Härry[6]) empfiehlt die Verwertung von Überschußkräften in der Schweiz, die tunlichst von einer Energieverwertungsorganisation vereinigt und für elektrochemische Zwecke verwertet werden sollen.

Über den wirtschaftlichen Parallelbetrieb kleiner Wasserkraftanlagen mit Großkraftwerken berichtet Büggeln[7]). Er macht auf das volkswirtschaftliche Interesse der Ausnutzung solcher Wasserkräfte aufmerksam und zeigt, wie man gleichzeitig eine sehr vorteilhafte Verbesserung des Leistungsfaktors erreichen kann. Auf letzteren Punkt hat man in Deutschland seither weniger Gewicht gelegt als in Amerika, wo die sehr langen Fernleitungen und hohen Übertragungsspannungen bis zu 150 kV zu einer Verbesserung des Leistungsfaktors schon im Interesse der Spannungsregulierung am Ende der Leitung zwingen. Es sei hier auf die sehr beachtenswerten Berichte auf der Jahresversammlung 1915 der National Light Association in San Francisco hingewiesen[8]), in der auch alle Fragen der Wirtschaftlichkeit, der Betriebserfahrungen, der Erschließung neuer Absatzgebiete, des Tarifwesens usw. sehr eingehend behandelt werden. Von besonderem Interesse ist hier der Bericht von Downing[9]) über die Entwicklung der Wasserkraftwerke im westlichen Teil von Nordamerika, der Angaben über die Wirkung der Synchronkondensatoren bei der bereits im Vorjahre erwähnten Anlage am Big Creek mit 150 kV Betriebsspannung enthält. Auch in den deutschen Zeitschriften[10]) wird über die Jahresversammlung berichtet, besonders eingehend von Schulz[11]). Ferner sei auf die ausführlichen Abhandlungen über die mit 130 kV betriebene Anlage in New Grace[12]) hingewiesen — letztere ist in der Transformatorenstation bei Salt Lake City in Utah am Ende der 214 km langen Fernleitung mit Synchronkondensatoren von 7500 kVA ausgerüstet — und auf die Ausführungen von Schou[13]) über die ungünstige Einwirkung eines niedrigen Leistungsfaktors auf Generatoren und Leitungsnetze, bzw. über die Verbesserungen durch Anwendung von Synchronkondensatoren und Motoren. Der Aufsatz enthält 12 Diagramme, die den Unterschied vor und nach dem Einbau dieser Apparate zeigen.

Mit der Frage der Wirtschaftlichkeit hat man sich auch auf dem internationalen Ingenieurkongreß in San Francisco eingehend unterhalten[14]). Es sei besonders auf die Berichte von Parshall über die Wirtschaftlichkeit elektrischer

Kraftwerke, von Baum über den Einfluß der hydroelektrischen Kraftübertragung auf die wirtschaftlichen und sozialen Verhältnisse, besonders in den Vereinigten Staaten, sowie von Rushmore über den Elektromotor als wirtschaftlichen Faktor im industriellen Leben verwiesen.

Der Zusammenschluß von Großkraftwerken und der Anschluß von Industrieanlagen an Großkraftwerke hat im Berichtsjahre besonders in Nordamerika große Fortschritte gemacht, so z. B. in San Francisco[15]). Auch die bereits zuvor erwähnte Anlage in New Grace ist nur der Teil eines Riesenunternehmens, der Utah-Kraft- und Licht-Gesellschaft, die große Bezirke in Utah, Idaho und Colorado versorgt und über zusammengeschlossene Dampf- und Wasserkraftanlagen von mehr als 120000 kW Leistung verfügt. Weiter sei der Zusammenschluß des Dampfkraftwerkes der Stadt Calgary in Alberta (Westkanada) mit der Wasserkraftanlage der Calgary Kraft-Gesellschaft erwähnt[16]). Dieser ist deshalb beachtenswert, weil hier der Strompreis wesentlich vom Leistungsfaktor abhängt, der durch Registrierinstrumente gemessen wird. Als interessantes Beispiel für die Anschlußbewegung sei die American Mfg. Co.[17]) in Brooklyn genannt, die ihre eigene Dampfanlage von 3500 kW um die gleiche Leistung durch Anschluß an das Netz der Edison-Gesellschaft in Brooklyn erweitert hat. In der Beschreibung wird besonders auf die Wirtschaftlichkeit des gekauften gegenüber dem selbst erzeugten Strom und auf die gegenwärtige Richtung der Industrieverwaltungen, das gesamte Betriebskapital möglichst zu produktiven Zwecken zu verwenden, hingewiesen.

**Müllverbrennungsanlagen,** die die elektrische Energie als Nebenprodukt erzeugen und so wirtschaftlicher werden, werden in den Fachzeitschriften mehrfach behandelt. Als bemerkenswerteste Veröffentlichung sei die von Abraham[18]) erwähnt, der die einzelnen gegenwärtig zur Verwendung kommenden Systeme beschreibt und seine 15jährigen Erfahrungen an der Anlage der Aberdare-Elektrizitätswerke mitteilt.

**Leerlauf von Transformatoren.** Thierbach[19]) macht auf die erheblichen wirtschaftlichen Verluste aufmerksam, die entstehen, wenn große Transformatoren für industrielle Anlagen oder landwirtschaftliche Betriebe längere Zeit leer oder schwach belastet arbeiten. Er schlägt für solche Zwecke einen kleinen Hilfstransformator vor, der während der Zeit der schwächsten Belastung allein arbeitet. Sodann zeigt er, wie durch einen normalen oder registrierenden Zeitzähler die Benutzungsdauer genau bestimmt und auf diese Weise der Wärter kontrolliert werden kann. Bei einem Anschluß von 600 kW und einem Strompreise von 8 Pf/kWh berechnet er die jährliche Ersparnis mit 4954 M. Roschanski[20]) beanstandet an den vorstehenden Ausführungen die Behauptung, daß ein großer Transformator 2% Eisenverluste habe. Er gibt hierfür höchstens 1% an, bemerkt aber, daß der wirtschaftliche Schaden mehr in dem sehr bedeutenden wattlosen Strom zu suchen sei, der die Kraftwerke ungünstig beeinflusse. Auch Vincenz[21]) nimmt zu dem Aufsatz Stellung. Er empfiehlt einen Zeitzähler nur für den Haupttransformator, für den Nebentransformator dagegen eine besondere Zähleinrichtung, weil der Zeitzähler wegen der zu niedrigen Belastung des Hilfstransformators nicht anläuft. Er beschreibt eine Einrichtung, die von den Hanseatischen Siemens-Schuckertwerken in etwa 500 Transformatorenstationen für ländliche Gemeinden angebracht ist. Schließlich macht Firchow[22]) auf seinen Zeitzähler zur Registrierung der Dauer von Leerlaufströmen in Transformatoren aufmerksam.

**Tarife.** Die Tariffrage ist im Berichtsjahre äußerst vielseitig und umfangreich behandelt worden. Das kommt daher, daß sich jetzt allmählich die Einwirkungen der zahlreichen, durch den Krieg noch bedeutend vermehrten Anschlüsse von Kleinabnehmern, besonders von Arbeitern und kleinen Landwirten, bemerkbar machen. Teilweise klingen die Nachrichten nicht gerade erfreulich. Als beachtenswerteste Arbeit ist wohl die von Vent[23]) zu bezeichnen, die einschließlich der höchst interessanten, an seine Ausführungen anknüpfenden Erörterungen[24]) auch als Sonderabdruck erschienen ist. Vent behandelt die Kosten

der Strommessung und Verrechnung sowie ihr Verhältnis zur Stromeinnahme bei Kleinabnehmern und kommt zu dem Ergebnis, daß bei den Kleinabnehmern, wenigstens im Bezirk Essen des Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerkes, allein durch die Strommessung mit gewöhnlichem Zähler jährlich 8,24 M Unkosten entstehen, wozu für Hausanschlußkosten jährlich bei Freileitung noch 4,50 M und bei Kabel noch 12 M kommen. Bei Verwendung von Münzzählern werden die Verhältnisse noch ungünstiger. An der daran anknüpfenden Erörterung, in der teils zustimmende, teils entgegengesetzte Ansichten geäußert und alle modernen Tarifformen in ausführlicher Weise behandelt werden, beteiligen sich Passavant, Döpke, Loewe, Norberg-Schulz, Lulofs, Gruber, Wallmüller, Klein und Ely.

Um die hohen Strommeßunkosten zu vermeiden, werden wie früher von verschiedenen Seiten Pauschaltarife mit Verbrauchsreglern empfohlen. Schmidt-Harms[25]) berichtet über seinen neuen Stromverbrauchsregler, der eine Verbesserung des Pauschaltarifes mit gewöhnlichem Strombegrenzer herbeiführen soll. Der Apparat vermag so eingestellt zu werden, daß der Strombegrenzer innerhalb 24 Stunden träger arbeitet und sich selbsttätig auf mehrere, bis zu 24 verschiedene Stromstärken einstellt. Laudien[26]) bemängelt an dem Apparat die Unübersichtbarkeit der eingestellten Grenzwerte. Er beschreibt einen von ihm selbst konstruierten Apparat, der diesen Mangel nicht hat und vor allem die vorübergehende Überschreitung der Grenze in die Hand des Stromabnehmers legt, während der vorher erwähnte Apparat eine solche Überschreitung nur nach vorheriger Kurzschließung durch das Elektrizitätswerk gestattet. Für reine Pauschalanschlüsse ohne Begrenzer und unverwechselbarem Sockel tritt F. Schmidt[27]) ein. Nur für Theater, Gastwirtschaften u. dgl. will er Zähler nehmen, aber selbst Bügeleisen pauschal anschließen. Bei Kraftzählern sollen nicht die kWh, sondern die Geldbeträge angezeigt werden, so daß dem ablesenden Beamten gleich die Einkassierung ermöglicht und ein zweiter Gang gespart wird. Letztere Frage wird auch in einer sehr beachtenswerten Erörterung[28]) behandelt, in der gezeigt wird, wie durch geschickte Organisation des Zählerablesens und Stromgeldeinzuges die Wirtschaftlichkeit wesentlich gesteigert werden kann. Diesem Zweck soll ebenfalls die von Mohl[29]) beschriebene, nach Art der Registrierkassen gebaute Maschine zum Drucken der monatlichen Rechnungen dienen.

Thierbach[30]) kritisiert die gegenwärtig übliche Strompreisberechnung bei Staffeltarifen, die große Unbequemlichkeiten hat, und gibt Formeln für weniger umständliche Berechnungen an. An anderer Stelle[31]) warnt er vor Tarifen, die eine Stromvergeudung zur Folge haben, um auf billigere Tarife zu kommen. Das geschieht, wenn beispielsweise jährlich die ersten 1000 kWh 60 Pf/kWh, die nächsten 1000 kWh 50 Pf/kWh usw. kosten. Auch hier werden Formeln angegeben, die solche Fehler vermeiden.

Von sonstigen Berichten seien die von Cahen[32]) über Erfahrungen mit Münzzählern in Amsterdam, von Stern[33]) über Tarife für elektrischen Strom, je eine Abhandlung über neuere Tarife und Tarifapparate[34]) und über einen Benutzungsdauertarif, beruhend auf Jahresabschlüssen (Brennstundentarif)[35]) erwähnt.

Verschiedene Berichte liegen über die Ermittelung der Stromerzeugungs- bzw. Betriebskosten vor, so von F. W. Schmidt[36]), Schwaiger[37]), Soschinski[38]) und Hobart[39]).

Sehr zahlreich sind ferner die Berichte über die modernen Gebührentarife, so z. B. über die praktischen Ergebnisse des im vorigen Jahrbuch eingehend behandelten Point Fives-Tarifes. Außer den Arbeiten von Backman und Roles[40]) und der Denkschrift von Gray[41]) findet man noch weitere Veröffentlichungen in der englischen Literatur[42]). Eine allgemeine Übersicht über die Tariffrage und die bei Festsetzung von Tarifen maßgebenden Umstände gibt Ives[43]). Er behandelt insbesondere einen von ihm vorgeschlagenen Tarif, den er „Telephonsystem“ nennt, und der aus einer monatlichen, nach der Orts-Höchstbelastung bemessenen Mindestgebühr besteht. Dafür bekommt der Abnehmer eine bestimmte

Anzahl kWh pauschal. Jede mehr verbrauchte kWh wird zu einem ermäßigten Preise geliefert. Auch Punga[44]) schreibt über Pauschal-Zählertarife und kritisiert die verschiedenen Systeme, die sich aus einer Grundgebühr und einem Preis für jede kWh bzw. aus einer Pauschalgebühr und einem Preis für jede weitere kWh zusammensetzen. Er sieht eine große Schwierigkeit darin, die Grundgebühr richtig zu bestimmen, besonders wenn Theater, Hotels, Läden u. dgl. in Betracht kommen. Deshalb schlägt er einen Pauschaltarif mit Spitzenzählern vor, den er konstruiert hat. Dieser Zähler registriert die Spitzen-kWh und getrennt davon die kWh, für die die vereinbarte Pauschalleistung nicht benutzt worden ist. Während die Spitzen-kWh zu erhöhten Preisen berechnet werden, erfolgt eine Zurückvergütung für die nicht benutzten Pauschal-kWh.

Die Einführung solcher Gebührentarife hat wohl in allen Fällen eine Herabsetzung der Strompreise mit sich gebracht. Das ist z. B. in Stuttgart der Fall gewesen, worüber Büggeln[45]) berichtet. Von Interesse ist sodann ein Bericht von Nicholas[46]) über eine Unterredung mit Freemann, dem Präsidenten der Vereinigten Gas- und Elektrizitäts-Gesellschaft in Cincinnati (Ohio). Hier wird besonders die Frage erörtert, wie weit man mit der Herabsetzung der Tarife gehen kann. Auch in New York ist eine Herabsetzung der Tarife erfolgt. In dem Bericht[47]) darüber werden noch andere Angaben über die Entwicklung der elektrischen Anlagen in New York und über den Wettkampf zwischen Gas und Elektrizität gemacht.

Das bereits bei Beschreibung der Anlagen in Calgary erwähnte Bestreben, den Stromabnehmer an den Kosten für die wattlosen Ströme teilnehmen zu lassen, findet sich auch in einem Bericht von Ghilardi[48]) über eine neue Abhandlung von Darrieus, der eine zweckmäßigere Formel angibt als Arno. Des letzteren Arbeit über Verbesserung des Leistungsfaktors ist im Vorjahre erwähnt worden.

Erwähnung verdienen je eine Arbeit von Thierbach[49]) über Tarife bei Verwendung von Anschlußbatterien für die elektrische Beleuchtung von Kleinwohnungen, Kasernen und Fabriken, sowie von Nicolaisen[50]) über einen Einheitstarif, der sich aus einer Grundgebühr für jede angeschlossene Lampe und aus einem Preis von 10 Pfg. für jede verbrauchte kWh zusammensetzt.

Schließlich sei noch kurz auf folgende Abhandlungen hingewiesen: Französische Tarife für den Verkauf elektrischer Energie[51]), von Lincoln[52]) über Tarife und Tarifaufstellung, von Goldman[53]) über Vielfach-Tarifsysteme mit daran anschließender Erörterung[54]) und von Baum[55]) über Tarifarten für Licht und Kraft auf dem Lande.

**Erweiterungen des Absatzgebietes der Elektrizitätswerke.** Durch die Installations- und Bezugserleichterungen, besonders während des Krieges, ist die Anwendung der Elektrizität besonders gesteigert worden. Das beweisen vor allem die Ausführungen von Klein[56]), denen eine Zusammenstellung der einzelnen Methoden und Erfolge von 84 Elektrizitätswerken beigefügt ist.

Schulz[57]) macht darauf aufmerksam, daß sich nach dem Kriege bei dem zu erwartenden Mangel an Zugtieren die Elektromobile einbürgern dürften. Er schildert ein neues Verfahren amerikanischer Werke[58]), die die geladenen Batterien mietweise zur Verfügung stellen, während die Wagenbesitzer Kilometergelder bezahlen. Als Beispiel werden Unternehmungen in Boston, Baltimore, San Francisco usw. angeführt und die monatlichen Gebühren für Wagen von 1 bis 5 t in einer Tabelle angegeben. Über die Bedeutung der Elektromobile für Kraftwerke liegt ferner eine Arbeit von Gilchrist und Marshall[59]) vor. Auch Brauner[60]) und Beckmann[61]) berichten über neuere Erfahrungen mit Elektromobilen. Letzterer widerspricht den Behauptungen Brauners, daß der Strompreis für die Verbreitung der Elektromobile nur von untergeordneter Bedeutung und die Verminderung der Batterie-Leihgebühr viel wichtiger sei.

Bedeutende Fortschritte macht die Anwendung der Elektrizität ständig auf dem Gebiete der Eiserzeugung. Pabst[62]) beschreibt Anlagen, die den Elektrizitätswerken in Oberhausen (Rheinland) und in Steglitz angegliedert sind.

An anderer Stelle[63]) werden große amerikanische Gefrieranlagen beschrieben, darunter die für Seefische in Boston (Massachusetts).

In Amerika gibt es große Bewässerungsanlagen, die ganz elektrisch betrieben werden, z. B. die bedeutende Anlage in der Gegend von Burley und Marchfield (Idaho)[64]). Von großen deutschen Pumpwerken mit elektrischem Antrieb sei das der Niederlausitzer Wasserwerksgesellschaft[65]) m. b. H. in Senftenberg genannt.

Dahlgren[66]) berichtet auf dem baltischen Ingenieurkongreß in Malmö über elektrische Heizung von Gebäuden. An anderer Stelle[67]) werden Erfahrungen mit elektrischem Heizen in Seattle (Washington) und über Abgabe elektrischer Energie an Heißwasser- und ähnliche Apparate[68]) mitgeteilt. Neu ist die Verwendung von Wechselstrom zur Holztrocknung und Imprägnierung, worüber Dantin[69]) sich äußert. Bedeutende Fortschritte sind bei der Anwendung der Elektrizität in der Eisen- und Stahlindustrie sowie in der chemischen Industrie[70]) zu verzeichnen. Für die ersteren Zwecke liefern gegenwärtig die amerikanischen Elektrizitätswerke[71]) jährlich 7,8 Mill. kWh. Es sei auch auf die Arbeit von John[72]) über das elektrische Metallschmelzen vom Standpunkte der Elektrizitätswerke verwiesen.

Über die Elektrizitätsversorgung von Arbeiterwohnungen in Amsterdam berichtet Lulofs[73]) und Eisenmenger[74]) über eine Studienreise, die er in Begleitung von Doane[75]) in Europa gemacht hat. Eisenmenger schildert vor allem die Methoden zur Gewinnung von Kleinabnehmern. Diese bestehen vornehmlich in Gewährung von allerhand Erleichterungen, wie sie an anderer Stelle auch für die Stadt Hannover[76]) sowie für die Städte Eisfeld, Recklinghausen und den Bezirk der Landkraftwerke Kulkwitz bei Leipzig[77]) erwähnt werden.

**Elektrizität und Verwaltung.** Im Berichtsjahre ist wiederholt die Frage eines Staatsmonopols für die Elektrizitätserzeugung und Verteilung erörtert worden. Diese Frage wird von Siegel[78]) an Hand von statistischen Angaben über öffentliche Elektrizitätswerke und Einzelanlagen ausführlich erörtert. Er wendet sich gegen eine vollständige Monopolisierung durch den Staat, besonders aber gegen eine Besteuerung der elektrischen Energie. Anderseits befürwortet er staatliche Großkraftwerke an den natürlichen Kraftquellen und ihre Verbindung durch Hochspannungsleitungen, aus denen an geeigneten Stellen elektrische Energie für den Weiterverkauf und die Verteilung durch die bisherigen Unternehmer abgegeben werden soll. Ein zustimmendes Begleitwort des inzwischen verstorbenen Rathenau beschließt die Ausführungen. Hieran anknüpfend teilt Thierbach[79]) mit, daß gegenwärtig die Provinz Ostpreußen wegen der dort geplanten Vollelektrisierung ein geeignetes Objekt für praktische Versuche sei. Er weist an anderer Stelle[80]) auf einige Gesichtspunkte hin, die für die Prüfung und Beurteilung der von der Provinzialverwaltung in Aussicht stehenden Vorschläge von Bedeutung sind. Laudien[81]) stimmt Siegel in der Frage der Besteuerung der Energie unbedingt bei, tritt aber sonst den Ausführungen entgegen und befürwortet ein vollständiges Staatsmonopol, obwohl er die verschiedenen Schwierigkeiten, besonders die Schaffung eines Einheitstarifes, nicht verkennt. Im Königreich Sachsen[82]) scheint man die Verstaatlichung der Elektrizitätserzeugung schon vorzubereiten. Außerhalb Deutschlands ist in der Schweiz mit der Verstaatlichung fortgefahren worden, vor kurzem im Kanton Aargau[83]).

Wie im Vorjahre, so sind auch im Berichtsjahre wieder verschiedene Stimmen in der Frage „kommunale oder Privatanlagen bzw. gemischtwirtschaftliche Anlagen“ laut geworden. Harms[84]) behandelt in einem Buche die Überführung kommunaler Betriebe in die Form der gemischtwirtschaftlichen Unternehmungen. Er ist der Ansicht, daß den Gemeinden die Lösung der Wirtschaftsfragen auch ohne Privatkapital möglich ist, wenn die Leitung in tüchtige und mit den nötigen Vollmachten ausgestattete Hände gelegt wird. An dieser Stelle sei auch nochmals auf die schon erwähnten Berichte[1, 2]) über die Übernahme der Berliner Elektrizitätswerke durch die Stadt Berlin hingewiesen.

[1]) ETZ 1915, S 279. — [2]) Martell, Elektrizitätswerk 1915, S 75. — [3]) Büggeln, Mitt. Ver. EW. 1915, S 315, 371. — [4]) Thierbach, ETZ 1915, S 343. — [5]) Büggeln, Elektrizitätswerk 1915, S 2. — [6]) Härry, ETZ 1915, S 500. — [7]) Büggeln, Mitt. Ver. EW. 1915, S 157. — [8]) El. World Bd 65, S 1512. — [9]) Downing, El. World. Bd 65, S 1514. — — [10]) ETZ 1915, S 513. — [11]) R. Schulz, Mitt. Ver. EW. 1915, S 270, 274. — [12]) El. World Bd 65, S 1451. — [13]) Schou, El. World Bd 66, S 1130. — [14]) Parshall, Baum und Rushmore, El. World Bd 66, S 676, 732. — [15]) Electr. (Ldn.) Bd 75, S 801. — [16]) El. World Bd 65, S 1181. — [17]) El. World Bd 66, S 628. — [18]) Abraham, El. World Bd 66, S 651. — [19]) Thierbach, ETZ 1915, S 121. — [20]) Roschanski, ETZ 1915, S 181. — [21]) Vincenz, ETZ 1915, S 292. — [22]) Firchow, ETZ 1915, S 292. — [23]) Vent, Mitt. Ver. EW. 1915, S 117. — [24]) Mitt. Ver. EW. 1915, S 173, 177, 209, 212, 217, 250, 253. — [25]) Schmidt-Harms, ETZ 1915, S 245. — [26]) Laudien, ETZ 1915, S 378. — [27]) F. Schmidt, ETZ 1915, S 561, 686. — [28]) Mitt. Ver. EW. 1915, S 63, 101, 126. — [29]) Mohl, ETZ 1915, S 171. — [30]) Thierbach, Mitt. Ver. EW. 1915, S 180. — [31]) Thierbach, El. Anz. 1915, S 409. — [32]) Cahen, ETZ 1915, S 330. — [33]) Stern, ETZ 1915, S 459. — [34]) Helios Exportz. 1915, S 381, 397, 414, 429. — [35]) El. Anz. 1915, S 544. — [36]) F. W. Schmidt, El. Masch.-Bau 1915, S 44. — [37]) Schwaiger, El. Masch.-Bau 1915, S 265, 282, 291. — [38]) Soschinski, ETZ 1915, S 635, 653. — [39]) Hobart, ETZ 1915, S 665. — Gen. El. Rev. Bd 16, S 617. — Electr. (Ldn.) Bd 73, S 790. — [40]) Backman u. Roles, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 377. — [41]) Gray, Electr. (Ldn.) Bd 74, S 607. — [42]) Electr. (Ldn.) Bd 74, S 176; Bd 75, S 403, 632. — [43]) Ives, El. World Bd 65, S 655, 783, 987. — [44]) Punga, El. Masch.-Bau 1915, S 53. — [45]) Büggeln, ETZ 1915, S 88. — [46]) Nicholas, El. World Bd 66, S 907. — [47]) ETZ 1915, S 192. — [48]) Ghilardi, El. World Bd 66, S 411. — [49]) Thierbach, Mitt. Ver. EW. 1915, S 11. — [50]) Nicolaisen, Mitt. Ver. EW. 1915, S 331. — [51]) Electr. (Ldn.) Bd 74, S 642. — [52]) Lincoln, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 2175. — [53]) Goldman, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 941. — [54]) Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 2662. — [55]) Baum, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 485. — [56]) Klein, Mitt. Ver. EW. 1915, S 391. — [57]) R. Schulz, Mitt. Ver. EW. 1915, S 339. — [58]) El. World Bd 66, S 195. — [59]) Gilchrist u. Marshall, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 503, 539. — [60]) Brauner, ETZ 1915, S 117. — [61]) Beckmann, ETZ 1915, S 118. — [62]) Pabst, Zeitschr. Kälte-Industrie 1915, S 60. — El. Masch.-Bau 1915, S 572. — El. Kraftbetr. 1915, S 333. — [63]) El. World Bd 66, S 450, 470. — [64]) El. World Bd 66, S 68. — [65]) El. Kraftbetr. 1915, S 383. — [66]) Dahlgren, ETZ 1915, S 639. — [67]) ETZ 1915, S 128. — [68]) Helios Exportz. 1915, S 635. — [69]) Dantin, Génie Civil Bd 65, S 98. — [70]) ETZ 1915, S 694. — [71]) Elektrizitätswerk 1915, S 13. — [72]) John, Stahl u. Eisen 1915, S 107. — [73]) Lulofs, Mitt. Ver. EW. 1915, S 383. — [74]) Eisenmenger, ETZ 1915, S 157. — [75]) Doane, El. World Bd 63, S 1157. — [76]) ETZ 1915, S 501. — [77]) ETZ 1915, S 557. — [78]) Siegel, ETZ 1915, S 427. — [79]) Thierbach, ETZ 1915, S 474. — [80]) Thierbach, ETZ 1915, S 536. — [81]) Laudien, ETZ 1915, S 511. — [82]) El. Anz. 1915, S 610. — [83]) ETZ 1915, S 555. — [84]) Harms, Verlag J. Springer, Berlin 1915.

---

## Kraftquellen.

Von Eugen Eichel.

### Wasserkraft.

Von den drei Urkräften, welche der Menschheit zur Ausnutzung am nächsten lagen, Wind, Wasser und Feuer, ist der Wind — abgesehen von der Schiffahrt — für Kraftzwecke bisher am wenigsten ausgenutzt. Auch im Berichtsjahr, in welchem die allgemeinen Wirtschaftsverhältnisse ganz besonders zur Sparsamkeit erzogen, ist nichts Wesentliches über Windkraftausnutzung berichtet worden. Es hängt dies wohl eng zusammen mit der Unstetigkeit des Kraftmittels trotz verhältnismäßig hoher Kraftanlagekosten.

Anders ist dies bei Wasserkraftverwertungen. Hier findet man auch für kleine Gefälle und mäßige Wassermengen zweckentsprechende Ausnutzung der

Naturkraft für kleine Einzelanlagen, ja auch für solche Notanlagen, wie sie der Stellungskrieg des Jahres 1915 mit sich brachte.

Dagegen hat die Ausnutzung der gewaltigsten unausgenutzten Kräfte, die der Gezeiten, keine Fortschritte gemacht, obgleich die hierfür erforderlichen, besonders kostspieligen Bodenbewegungsarbeiten zum Bau großer Wasserhaltungen vielleicht durch Kriegsgefangene mit annehmbarem Kostenaufwand hätten ausgeführt werden können. Am weitgehendsten blieben auch im Berichtsjahre die Wasserkraftausbeutungen auf Grund natürlicher Gefälle in günstigem Gelände unter Ausnutzung der Wasserkraftanlage für verschiedene Verwendungszwecke, von denen jeder einzelne dazu beiträgt, die Gesamtkosten der Anlage und des Betriebes der Wasserkraftausbeutung zu decken. Schwieriger wie seither gestaltet sich die Frage, ob die eine oder andere Wasserkraft jetzt ausgebaut werden soll, durch die Zunahme der Wirtschaftlichkeit der Kraftwerke mit festem oder flüssigem Brennstoff, worüber später berichtet wird.

Während des Krieges und der durch ihn verursachten Schwierigkeit der Brennstoffversorgung hat sich die Wasserkraftausnutzung sowohl für die kriegführenden als auch neutralen Länder als außerordentlich segensreich erwiesen. Der Kohlenreichtum Deutschlands sowohl wie in noch höherem Maße derjenige Englands besitzt ja nicht nur wirtschaftliche sondern auch politische Bedeutung von großer Tragweite, und die sparsame Ausnutzung dieses Naturreichtums bedeutet für die Jetztzeit Stärkung der Volkswirtschaft, Austauschkapital für von auswärts einzuführende Rohstoffe und für die Zukunft eine an Wert sich stets steigernde wirtschaftliche und politische Macht.

Volkswirtschaft, Innen- und Außenpolitik drängen daher bereits jetzt während der Kriegszeit die maßgebenden Reichsbehörden zu ernsthaften Erwägungen über die Frage der Zweckmäßigkeit, die Elektrizitätserzeugung im großen nicht nur den Händen der Privatindustrie zu entziehen, sondern auch den Städten und Kommunalverbänden. Ein in Aussicht genommenes Reichsmonopol der Elektrizitätserzeugung erfordert aber vor allem ein rechtzeitiges Zugreifen und Beschlaglegen vorteilhaft ausbaubarer Wasserkräfte und geeigneter Kohlenbergwerke.

**Amerika.** In den Vereinigten Staaten und Kanada ist man bekanntlich bereits ziemlich weit in dieser Beziehung vorgeschritten. Die Staatsbehörden Amerikas haben die Elektrizitätsversorgung großer brachliegender Strecken in die Hand genommen, in Verbindung mit Bewässerungs- und Stromregulierungsfragen. Neuerdings sind Maßnahmen geplant, um große Wasserkräfte in den Südstaaten Amerikas für Staatszwecke auszunutzen, nicht so sehr zum öffentlichen Vertrieb des elektrischen Stromes, als zum Betrieb staatlicher elektrochemischer Anlagen, zum künstlichen Erzeugen von Luftstickstoffverbindungen für Pulver-, Sprengstoff- und Düngerherstellung.

Ein eigenartiges staatliches Wasserkraftwerk Amerikas ist das an der Gatum-Talsperre gelegene. Die Talsperre sorgt für den Ausgleich des Wasserstandes des Panamakanals, während die Ausnutzung des Überschußwassers dazu dient, die elektrisch betriebenen Schleusenanlagen, Treidellokomotiven und sonstigen Licht- und Kraftanlagen mit Strom zu versorgen[1]).

An die sehr kostspielige und schwierige Enteignung der bereits bestehenden, sehr großen Wasserkraftanlagen im Privatbesitz wird vorläufig jedoch nicht herangetreten.

Nicht uninteressant ist die Feststellung, daß sechs der größten hydroelektrischen Kraftwerke Kanadas im Berichtsjahre der kanadischen Behörde für Inlandeinkünfte, endend mit dem 31. März 1914, 1500 Mill kWh Strom erzeugten, von welchem etwa die Hälfte nach Amerika ausgeführt wurde[2]).

In Kanada ist zurzeit das Netz der Hydro Electric Power Commission of Ontario das bedeutendste staatliche Elektrizitätsunternehmen. Neben dem Strombezug aus fremden Elektrizitätswerken sind bereits eine Anzahl eigener Elektrizitätswerke im Betrieb und wird ein weiteres Wasserkraftwerk

von allergrößter Leistungsfähigkeit geplant, das am Unterlauf des Niagaraflusses halbwegs zwischen den Niagarafällen und der Mündung des Niagaraflusses in den Ontario-See angelegt werden soll. Geplant und durch ein Volksvotum bereits so gut wie bewilligt ist ein ausgedehntes elektrisches staatliches Überlandbahnnetz seitens der Hydro Electric Power Commission. Von Interesse sind diese Entscheidungen so nahe an der amerikanischen Grenze für die ganze Versorgung der Provinz Ontario so wichtige Kraftanlagen zu schaffen mit Rücksicht auf ev. kriegerische Verwicklungen. Kanada hatte zum Schutze gegen Maßnahmen seitens deutschfreundlicher Bürger Amerikas (Buffalo ist ja eine an Deutsch-Amerikanern sehr reiche Stadt) die kanadischen Niagarafall-Kraftwerke bei Kriegsbeginn sofort militärisch besetzen lassen.

Solchen militärischen Schutz benötigten auch in hohem Maße die bedeutenden Wasserkraftwerke im revolutionsdurchtobten Mexiko[3]). Die bedeutendsten, die Necaxa-Werke, besitzen über 100 km lange Fernleitungen, welche die Hauptstadt Mexiko mit Strom für Licht, Kraft und Straßenbahnbedarf versehen und ihre Speiseleitungen weiter erstrecken in die Gegenden der ertragreichen Silber- und Kupferbergwerke, denen der billige elektrische Strom die teuer einzuführende amerikanische und englische Kohle ersetzt.

Weitere Fortschritte machte auch die Wasserkraftausnutzung in Chile, wo ebenfalls die Notwendigkeit der Einfuhr teurer ausländischer Kohle die reichlich vorhandenen Wasserkräfte der Kordilleren auszunutzen reizt. Die Ausnutzung ist um so lohnender, als es sich in Chile nicht nur um allgemeine Licht- und Kraftversorgung handelt, sondern um bedeutende, mit gutem Belastungsfaktor arbeitende Stromabnehmer in Gestalt von neuaufgeschlossenen oder neu aufzuschließenden Kupfer-, Silber- und Salpetergruben.

**Asien.** Ähnliche Verhältnisse fördern in Japan den weiteren Ausbau vorhandener und die Neuerrichtung weiterer hydroelektrischer Kraftanlagen. Dem Fortschritt der Technik folgend geht man auch dort bereits zu außerordentlich langen Leitungsnetzen mit entsprechend hoher Fernleitungsspannung über. Das der Stromversorgung Tokios dienende neue Wasserkraftwerk am Juawashiro-See hat im ersten Ausbau bereits 230 km Leitungslänge, 46600 kVA Leistung, 115000 V Fernleitungsspannung[4]).

Auch indische Wasserkraftausnutzungen, wie z. B. die Versorgung Bombays, erfordern große Leitungslängen und entsprechend hohe Fernleitungsspannungen. (Thayer-Werke mit einer Fernleitung für 100000 V.)[5])

Während in Bombay allein 40000 kVA für Spinnereiantrieb benötigt werden, ist die ältere indische, bekannte Ausnutzung der Cauvery-Wasserkraft hauptsächlich den Anforderungen des Grubenbaues entsprechend ausgebaut, welche fast die ganze Leistung des Kraftwerkes mit 15000 kW beanspruchen.

Ebenfalls dem Grubenbetrieb dient das Wasserkraftwerk in Waterloo auf Java.

**Europa.** Italien würde sich in noch größeren Schwierigkeiten bezüglich Aufrechterhaltung seiner Fabrikbetriebe, Beleuchtungs- und Bahnanlagen befinden, wenn es nicht bereits so bedeutende elektrische Wasserkraftanlagen ausgebaut hätte (vgl auch JB 1914, S 90). Welchen Einfluß der Krieg auf die Betriebssicherheit der innerhalb oder nahe der Grenze der Kriegszonen gelegenen Kraftwerke an den Südostabhängen der Alpen hat, dürfte erst nach Kriegsabschluß festzustellen sein.

Die Schweiz ist mit ihrer Brennstoffzufuhr während der Kriegszeit ebenfalls in einer sehr schweren Zwangslage. Auch hier bedeuten die Wasserkraftwerke eine große Erleichterung für die gesamte Volkswirtschaft. Die Schweiz dürfte auch am ersten berufen sein, die Frage des Elektrizitäts-Staatsmonopols zu lösen, und zwar in Verbindung mit dem Staatsbahnnetz, dessen Elektrisierung nunmehr schnellere Fortschritte machen wird.

Die sehr bedeutende Wasserkraftausnutzung des Porjusfalles durch den schwedischen Staat ermöglichte die Durchführung des elektrischen Bahnbetriebes

der Riksgränsenbahn, deren Betriebsaufnahme zwar durch den Krieg etwas verzögert, aber nicht verhindert wurde[6]).

Am 1. Juni kam auch mit vorläufig 60000 kW Leistung das staatliche Wasserkraftwerk Aelkarleby in Betrieb, dessen Strom mit 70000 V nach allen Richtungen, südwärts fast bis Stockholm übertragen wird[7]).

Insgesamt soll der schwedische Staat über etwa 4,6 Mill. kW (geschätzt) Wasserkräfte verfügen, von denen bis Ende 1915 ungefähr $^1/_7$ ausgebaut sein soll[8]). Der weitere Ausbau der Wasserkräfte, die Ausdehnung des elektrischen Betriebes auf weitere Strecken des staatlichen Vollbahnnetzes und vielleicht eine gewisse Stromausfuhr sind dringende Fragen für Schwedens weiteres Gedeihen. Ein kleiner Anfang mit Stromausfuhr nach dem benachbarten Dänemark zwischen Helsingborg und Helsingör[9]) unter Vermittlung eines unterirdisch verlegten Hochspannungskabels unter dem trennenden Sund, ist bereits erfolgt.

Dänemark erfreut sich ja weder starker Wasserkräfte noch lohnender Kohlenbergwerke und ist, abgesehen von den mit Windmotoren betriebenen Kleinkraftwerken, auf Überlandversorgung durch thermische Großkraftwerke angewiesen.

Norwegen erfreut sich bereits reicher ausgebauter Wasserkräfte zum Betrieb wichtiger elektrochemischer und elektrometallurgischer Anlagen und zugehöriger Bahnen, wie z. B. am Rjukanfos[10]).

Über den Ausbau von Wasserkraftanlagen in England, Frankreich und Rußland während der Kriegszeit ist zurzeit wenig zu erfahren. Sicher bedeuten die großen Wasserkraftausnutzungen in Südfrankreich an den Abhängen der Alpen sowohl wie an denen der Pyrenäen in Verbindung mit den elektrochemischen und elektrometallurgischen Betrieben eine wichtige Unterstützung Frankreichs in der wohlfeilen Erzeugung von Aluminium, hochwertigen Stählen, Schleifmitteln, Kalziumkarbid, Graphit und sonstiger Bedarfsstoffe.

Spaniens Wasserkraftentwicklungen zur Versorgung Barcelonas und Cataloniens mit elektrischer Kraft litten unter den Kriegsschwierigkeiten, da ihr Ausbau in hohem Maße von der auswärtigen Geldzufuhr im besonderen von der Unterstützung durch englische Großkapitalisten abhängt, die bei Kriegsbeginn ihre Hilfe versagten[11]).

In Deutschland hat der Krieg dazu beigetragen, den Wert der Naturschätze zu steigern und die Durchführung von Wasserkraftverwertungen zu fördern. Alle Staaten sind bemüht, die bereits vor Kriegsbeginn vorliegenden theoretischen Wasserkraftwerksfragen der Praxis zuzuführen. Der Ausbau der Walchenseekraftwerke Bayerns, des Murgkraftwerkes Badens, der Weserkraftwerke Preußens machten dementsprechende Fortschritte. Über die Wasserkräfte des Berg- und Hügellandes in Preußen und ihre Bedeutung für die Elektrizitätserzeugung erschien ein von der Landesanstalt für Gewässerkunde herausgegebenes, auf fünfjähriger Arbeit beruhendes Werk[12]).

Die Versorgung Ostpreußens unterliegt weiterer eingehender Prüfung mit Bezug auf Ausbau von Wasserkraftanlagen bzw. Ausnutzung vorhandener Torfmoore[13]). Es war ja bereits im Vorjahre auf die Schwierigkeit hingewiesen worden, daß die Elektrowasserkraftwerke des deutschen Ostens als reine Elektrizitätserzeuger kaum wirtschaftlich zu erstellen sein dürften. Höchstens käme die Wasserkraftausnutzung in Frage, wenn es gelingt, die Elektrokraft-Entwicklung zu vereinigen mit der Regulierung der Flußläufe, ihrer Geschiebemengen, mit Schiffahrts- und Flössereiinteressen, kurz mit vielen anderen wasserwirtschaftlichen Fragen.

Selten dient ja heutzutage ein Wasserkraftwerk ausschließlich der Erzeugung des elektrischen Stromes für Licht und Kraftzwecke, es sei denn, es handele sich um die Ausnutzung sehr kleiner Wasserkräfte oder sehr kleiner Teile großer verfügbarer Wassermengen. Kennzeichnend sind für Großwerke vielmehr die Vereinigung vieler großer Interessen; in Amerika z. B. überwiegend solcher betreffs Berieselung und Stromversorgung großer, der Landwirtschaft

und dem Bergbau sonst nur schwer erschließbarer Landstrecken. So dienen z. B. die Wasserkraftanlagen am Bishop Creek in Kalifornien der Berieselung und Kraftversorgung der bedeutenden Staaten Nevada und Kalifornien Amerikas, und erstreckt sich die Fernleitung sogar über die amerikanisch-mexikanische Grenze hinaus. Abgesehen von Strombedarf für Lichtzwecke werden für gewerbliche Kraftbetriebe 26000 kW (davon 12800 kW für Bergwerke) abgegeben und 6800 kW für landwirtschaftliche Betriebe. In sieben hintereinander angeordneten Kraftwerken wird ein Gefälle von 1530 m ausgenutzt zur Erzeugung von 30000 kW Drehstrom und zur Versorgung eines Fernleitungsnetzes von über 1900 km Gesamtlänge. Gleichzeitig wird die Abflußmenge des Wasserlaufes geregelt und die für den dortigen Obstbau so wichtige Berieselung des dürren Geländes durchgeführt[13]). Ein großes Fernkraftwerk für die Stadt Los Angeles verwendet das Kraftwasser nicht nur für Berieselungszwecke, sondern auch als Trinkwasser.

Der Kraftwerksbau bringt fast stets, abgesehen von den allgemeinen Vorteilen, große örtliche Vorteile mit sich und schließt öfters bisher brachliegendes Gelände auf, da der Transport der schweren Kraftwerksausrüstungen zum Ausbilden von guten Verkehrsstraßen und Verkehrsmitteln zwingt und die Siedelungen diesen neuaufgeschlossenen Verkehrswegen folgen. Dieses führt dann dazu, daß viele private Wasserkraftausnutzungen ihre Wirtschaftlichkeit nicht nur auf dem rein technischen Betrieb aufbauen, sondern vielmehr auf dem Grundstücksverkauf, sei es zur Verringerung der Kosten der bei den Großkraftwerken sehr teuren Geländeanschaffungen, sei es zum Heranziehen von solchen Stromabnehmern, welche langjährige Abschlüsse auf große Strommengen zu schließen geneigt sind. Wo die verfügbaren Wassermengen auf Grund langjähriger Erhebungen nicht mit ziemlicher Sicherheit vor der Anlage des Kraftwerkes ermittelt sind, muß allerdings mit dem Eingehen von Verträgen für große Kraftmengen zu sehr billigen Tarifen mit besonderer Vorsicht vorgegangen werden, da sich sonst leicht spätere kostspielige Zubauten von thermischen, nur mäßig ausnutzbaren Kraftwerken erforderlich erweisen, um den eingegangenen Stromlieferungs-Verpflichtungen gerecht zu werden. Allgemein ist große Vorsicht beim Planen und Ausführen der Wasserkraftwerke im oben genannten Sinne erforderlich, ebenso in der Sondierung des Baugeländes, welches für die Fundamentierung von Dämmen, Kraftwerken und sonstigen Bauten in Aussicht genommen ist. Gerade hier entstehen öfters erhebliche Überschreitungen der erwarteten Baukosten, welche den Ausbau der Wasserkraft unwirtschaftlich gestalten.

### Dampfkraft.

Vor Ausbruch des Krieges nahm man an, daß man bei Dampfkraftwerken mit ziemlicher Genauigkeit auf Jahre hinaus bezüglich der Brennstoffkosten mit bestimmten Zahlen rechnen könne. Der Krieg hat uns anders belehrt. Die Brennstoffkosten haben sich allgemein außerordentlich gesteigert. Der Transport der benötigten Brennstoffe ist in vielen Ländern selbst zu hohen Preisen nur mit größter Schwierigkeit oder gar nicht durchführbar gewesen. Selbst in dem kohlenreichen England sind die Kohlenkosten, besonders aber die Kohlentransportkosten ungeheuer gestiegen; viel mehr noch natürlich in solchen Ländern wie in Italien, wohin die Kohle erst mittels teuren Schiffsraumes geschafft werden muß. Von um so höherer Bedeutung wurde daher die Verwendung auch minderwertiger Brennstoffe und ihre möglichst verlustlose Ausnutzung unter dem Dampfkessel. Wo die Natur des Brennstoffes und die örtlichen Verhältnisse es zulassen, sollte die Vergasung des Brennstoffes, das Verfeuern des gewonnenen Gases unter dem Kessel und der Ausnutzung der beim Vergasen der Brennstoffe gewonnenen Nebenerzeugnisse die besten wirtschaftlichen Ergebnisse zeigen. Besonders jetzt, wo Ammoniak und sonstige Stickstoffverbindungen einen hohen Geldwert darstellen und volkswirtschaftlich sowie poli-

tisch für die Landwirtschaft und die Landesverteidigung von unschätzbarem Wert sind, sind derartige Kraftanlagen am wünschenswertesten. Gasfeuerung ist ja im großen stark verbreitet in Kraftwerksanlagen von Gruben und Hüttenwerken im Anschluß an Koksöfen, Mondgasanlagen und Hochöfen.

Naturgas steht uns leider nur in geringen Mengen und vereinzelt zur Verfügung. Eine sehr ergiebige Zufallsausbeute einer Brunnenbohrung stellt die Gassonde bei Hamburg dar[14]), deren Fassung erst unter nicht unerheblichen Schwierigkeiten gelang. Sehr reiche Naturgasquellen besitzt Siebenbürgen, zu deren Ausnutzung sich eine Deutsch-Ungarische Gesellschaft gebildet hat.

Bekannt sind die Naturgasquellen Amerikas, Kanadas und Rußlands in Verbindung mit petroleumhaltigem Gelände, ein Naturreichtum, der allerdings in Amerika stellenweise zu versiegen droht und immer neue Aufschlußarbeiten, längere Fernleitungsrohrnetze und dementsprechend erhöhten Aufwand für Hochdruckgaspumpwerke erfordert. Seit dem Jahre 1821 hat sich allerdings diese Industrie zu solchem Umfange entwickelt, daß die Statistik des Jahres 1914 allein für die Vereinigten Staaten den Gesamtwert des Naturgases auf 4 Mill. M, des in Kanada im gleichen Jahre gewonnenen Gases im Werte von etwa 15 Mill. M aufweist.

Die flüssigen Brennstoffe spielen im Kriege eine wertvolle Rolle in kleinen Kraftwerken, aber auch in Wasser- und Dampfgroßkraftwerken, welche als thermische Hilfskraft Dieselmotoren aufgestellt haben. Als Nachteil des flüssigen Brennstoffes hat sich besonders auf dem galizischen Kriegsschauplatz die Notwendigkeit erwiesen, besondere Zisternenwagen für den Rohölversand bereitzustellen. Dem Übelstand wurde jetzt abgeholfen durch Anlage nicht unbedeutender Rohrleitungsnetze, mittels deren das in den Gruben gewonnene Öl fortlaufend, ohne Beanspruchung der stark belasteten Schienenwege, auf große Entfernungen versendet werden kann, und zwar bis zu Anschlußgleispunkten, von denen aus der weitere Versand mit mäßigen Schwierigkeiten erfolgen kann.

Der Versand des Brennstoffes und seine Lagerung sind zwei Punkte, die ebenfalls während des Krieges große technische und wirtschaftliche Bedeutung annehmen. Die Lagermöglichkeit großer Brennstoffvorräte ermöglichte rechtzeitige Vorsorge für längere Betriebszeit und Ankauf zu verhältnismäßig vorteilhaften Preisen. Der Ausbildung von Lagerplätzen wird daher in Zukunft noch größere Bedeutung zukommen, als dies mit Rücksicht auf Gründe der Preispolitik und Streikgefahr in Friedenszeit bereits geschah. Abgesehen von den Brennstofflager-Einrichtungen obliegt es selbstverständlich dem Ingenieur, in Zukunft nach Möglichkeit den Ausnutzungsfaktor des Brennstoffes zu erhöhen. Dies führt zur Entwicklung von Dampftriebmitteln sehr hohen Druckes, zum Bau von Kesselanlagen zur Erzeugung von Dampf sehr hohen Druckes und starker Überhitzung. Über die Verwirklichung derartiger Bestrebungen wird bereits aus Amerika berichtet, wo in den Großkraftwerken New Yorks, Bostons und Detroits Dampfkessel geplant werden für die Erzeugung von Dampf von 200 bis 300° C und 25—40 atm.[15])

Der Ausbau von Großkraftwerken mit derartig stark überhitztem und hochgespanntem Dampf dürfte außerordentlich fördernd wirken auf kleinere Anlagen, wie sie in größerer Anzahl auch für Europa in Frage kommen. Von größtem Vorteil sind sie zurzeit eben nur für Großkraftwerke mit Riesenmaschineneinheiten, für deren Rohrleitungen, Ventile und Zubehör, die Anwendung des hohen Druckes außerordentliche Material- und Platzersparnis bedeutet.

[1]) Z. ges. Turbinenwesen 1915, S 308. — El. Kraftbetr. 1915, S 293. — — [2]) El. Kraftbetr. 1915, S 150. — [3]) El. World, Bd 63, S 860. — ETZ 1915 S 614. — [4]) El. World Bd 6, S 1599. — El. Kraftbetr. 1914, S 392. — [5]) El. Kraftbetr. 1915, S 140. — [6]) El. Kraftbetr. 1915, S 232. — [7]) Z. Ver. D. Eisenb.-Verwalt. 1915, S 529. — Z. Ver. D. Ing. 1915, S 516. — [8]) ETZ. 1915, S 639. — [9]) Z. Ver. D. Eisenb.-Verwalt. 1915, S 1030. — Z. Ver. D. Ing. 1915, S 987. — [10]) El. Kraftbetr. 1912,

S 221, 713. — Z. Ver. D. Ing. 1915, S 712. — [11]) Z. ges. Turbinenwesen 1915, S 56, 334. — Z. Ver. D. Ing. 1915, S 25, 71. — [12]) Verlag E. S. Mittler & Sohn, Berlin 1914. Vgl. ETZ. 1915, S 343. — [13]) ETZ 1915, S 536. — [14]) Z. ges. Turbinenwesen 1915, S 366. — [15]) El. Masch.-Bau 1915. S 609. — Power 1915, Heft 24.

---

## Einrichtungen des Kraftwerkes.

Von Eugen Eichel.

Der Krieg hat den großen Wert erkennen gelehrt, welcher in der Beschränkung der Anzahl von Bedienungsmannschaft für die Kraftwerke bereits vor Kriegsbeginn aus rein wirtschaftlichen Beweggründen grundsätzliche Bedeutung besaß. Maschinelle Einrichtungen zum Ersatz menschlicher Arbeitskräfte mußten, wo nicht vorhanden, während der Kriegszeit nach Möglichkeit vorgesehen werden. Hebe- und Transportvorrichtungen, über die an anderer Stelle (vgl. S. 104) berichtet wird, bedeuten die Schlüssel für den Kraftwerksbetrieb. Mit je geringerem Zeit-, Arbeits- und Geldaufwand Brennstoffzufuhr und Abfuhr der Brennstoffrückstände erfolgt, und zwar unter möglichster Ausschaltung teurer menschlicher Arbeitskraft, um so vorteilhafter der Gestehungspreis des erzeugten Stromes. Aber nicht nur diese Hebezeuge spielen im neuzeitlichen Kraftwerksbetrieb eine maßgebende Rolle sondern auch die Hebezeuge des Maschinenraumes, die wesentlich dazu beitragen, nicht nur die Aufstellung der Maschine bei Baubeginn zu erleichtern und zu beschleunigen, die vielmehr berufen sind, auch im Falle von Maschinenbeschädigungen die Auswechselung und den Einbau beschädigter Maschinenteile zu beschleunigen und damit ev. Störungen des Betriebes auf die geringmöglichste Zeit zu verkürzen. Immer ist dafür Sorge zu tragen, daß die maschinellen Einrichtungen nicht zu einseitig entworfen werden und auch außerordentlichen Ansprüchen gerecht werden können. Solche außerordentlichen Ansprüche ergeben sich bei dem Wechsel sonst üblichen Brennstoffes, wie z. B. während der Kriegszeit, der Notwendigkeit, statt Kohle Koks oder Koksgemische, auch Kohlebriketts zu verfeuern. Diese Änderung des Brennstoffes beeinflußt wiederum den gesamten Kesselbetrieb und bedeutet eine schwere Probe der Anpassungsfähigkeit der vorhandenen Kesseleinrichtungen, wie Roste, künstlicher Luftzufuhr und Regelung. Eine große Annehmlichkeit bietet für alle Kesselhaus-Hilfseinrichtungen der Antrieb durch Elektromotoren hoher Überlastbarkeit, besonders durch Gleichstrommotoren mit regelbarer Umlaufzahl. Allerdings wird vielfach für die Kesselspeiseeinrichtungen die Dampfturbine dem Elektromotor überlegen sein, besonders in Verbindung mit elektrischer Steuerung, die entweder vollständig oder halb selbsttätig arbeiten kann. Der Abdampf der Turbine kommt der Erwärmung des Speisewassers zugute, welches aus den Kondensatoren der Hauptmaschine stark gekühlt in die Speisewasserbehälter zurückläuft. Für möglichst vollkommene Entölung des Kondensates wurde bereits in Friedenszeit mit Rücksicht auf die Schonung der Kessel Wert gelegt. Während des Krieges trat hierzu noch die Notwendigkeit der möglichst vollständigen Rückgewinnung der teuren Schmieröle, deren Beschaffung bei sehr hohen Preisen sich immer schwieriger gestaltet. Die Wirtschaftlichkeit des Kesselraumes und die Verwendung weniger, aber gut ausgebildeter Leute erfordert technisch-kaufmännische Betriebsführung, gute Vordrucke zur fortlaufenden Kontrolle des Betriebes und der Betriebsergebnisse sowie in mehr oder weniger kurzen Zeitabständen festzulegende genaue Revision der selbsttätig oder halb selbsttätig arbeitenden Apparatur. Unbedingt erforderlich ist ein gutes Zusammenarbeiten zwischen Maschinenhaus und Kesselhaus und für Großkraftwerke eine Art Fernsteuerung des Kesselhausbetriebes von der Stelle der Schaltanlage des Kraftwerkes, der die Kraftverteilung untersteht. Die bauliche Anlage des Kesselhauses soll fördernd wirken auf die Reinlichkeit des Betriebes durch zweckentsprechende Gliederung der

Fenster, Wahl der Baumittel und Ausbildung der Nebenräume, wodurch die Sauberhaltung der Kessel und der Hilfsmaschinen gefördert und die Arbeitsfreudigkeit der Bedienungsmannschaft gesteigert wird. Gleiche Grundsätze treffen zu für die neuzeitigen Maschinenräume. Ihre Erstellung wird erleichtert durch die fast ausschließliche Wahl von Dampfturbineneinheiten mit stets gesteigerter Umlaufzahl. Diese Maschineneinheiten nehmen im Verhältnis zum Kesselraum außerordentlich geringe Grundflächen in Anspruch. Luftige, fensterreiche Maschinenräume sind daher leicht zu erzielen. Für gute Lüftung bei diesen große Wärmemengen ausstrahlenden Maschinensätzen muß besonders Sorge getragen werden. Die elektrischen Maschinen werden ja auch fast ausschließlich mit künstlicher Kühlung versehen. Die künstliche Kühlung erlaubt es erst, die wirksamen Baustoffe auf das äußerste auszunutzen, ohne ihre lange Lebensdauer zu gefährden. Für die künstliche Kühlung muß allerdings die zugeführte Kühlluft gereinigt werden, was einen neuen, nicht unwichtigen Bestandteil der Kraftwerksausrüstung darstellt. Trockenfilter beanspruchen ziemlich viel Platz, sorgsame Unterhaltung und Reinigung der Filtertücher, wirksame Vorkehrungen gegen Feuersgefahr; Regenfilter benötigen weniger Platz, keine Maßnahmen gegen Feuer, aber nicht unbeträchtliche Mengen von Kühlwasser, das nicht überall in genügender Reinheit und erforderlichem Umfang wohlfeil erhältlich ist.

Die Nebenanlagen gewinnen gewaltigen Umfang, sobald die Kraftwerke, wie in neueren amerikanischen Werken, mit Maschineneinheiten von 35000 kVA und darüber ausgeführt werden. Ernstlich werden sogar Maschineneinheiten von 50000 bis 60000 kW Einzelleistung in Erwägung gezogen, und zwar mit Dampf von bereits oben erwähnten hohen Temperaturen von 300° und Drucken bis zu 30 atm. Die Wahl derart hoher Dampfdrucke und Temperaturen ist geboten durch die Riesenleistung der einzelnen Maschinen, und ihre Vorteile ergeben sich schon aus der einen Tatsache, daß sich die Hauptdampf-Rohrleitungen ab Kessel zur Maschine für die Leistung von 50000 kW mit sehr geringem Durchmesser ausführen lassen werden.

Es vollzieht sich im Dampfkraftwesen infolge der Steigerung der Leistung eine ähnliche Entwicklung wie beim Elektromaschinenbau, wo die Leistungssteigerung der einzelnen Krafteinheiten verknüpft war mit immer größerer Steigerung der Übertragungsspannung vom Krafterzeuger zum Kraftverbraucher. Die Elektrotechnik ist weiter bemüht, und zwar gezwungen durch die Kriegslage, der Durchbildung der Schaltanlagen die größte Aufmerksamkeit zu widmen, und zwar nicht nur mit Bezug auf rein elektrotechnische Ursachen, sondern ganz besonders mit Bezug auf die Wahl geeigneter Ersatzstoffe für das seither fast ausschließlich verwendete Kupfer. Verzinktes Eisen, Zink und Aluminium fanden ausgedehnte Verwendung. Wenn auch bisher ohne durchgreifende praktische Bedeutung, so sind doch die Versuche des Ersatzes des in Ölschaltern und in ölgekühlten Transformatoren verwendeten Öles durch nicht brennbare, isolierende Ersatzflüssigkeiten von Interesse und lassen weitere praktische Ergebnisse als wünschenswert erscheinen.

Der alte Streit betreffs der Zweckmäßigkeit von Luftschaltern und Ölschaltern für Hochspannungsanlagen wurde ebenfalls belebt durch die Bemühungen, der Feuersgefahr zu steuern, welche mit der Verwendung großer Ölmengen im Kraft- und Unterwerk verknüpft ist und durch die Schwierigkeit, selbst zu hohen Preisen geeignetes Öl in genügenden Mengen während des Krieges beschaffen zu können.

Wie man bestrebt ist, Kesselhaus und Maschinenhaus, wenn angängig, räumlich zu trennen, so bemüht man sich auch in Großkraftwerken, Transformatoren und Schaltwerk vom Maschinenraum gesondert auszuführen. Die weitherzigere amerikanische Praxis, die Hochspannungstransformatoren und Luftschalter sowie Blitzschutzanlagen im Freien aufzustellen und nur die eigentliche Schaltanlage in ein Gebäude einzubauen, fand in Deutschland bisher noch keine Anhänger.

Dagegen hat Amerika in steigenderem Umfange Anlehnung gesucht an die Praxis europäischer Kleinkraftwerke unter Verwendung von Dieselmotoren und ortsfesten Lokomobilen. Die letztgenannten Maschinengattungen sind in immer höherer Einzelleistung für Kleinkraftwerke zum Einbau gelangt und haben sich auch in der schwierigsten Ausführung, bei welcher die Dampfmaschine mit Drehstromerzeugern direkt gekuppelt ist und mehrere Einheiten in Parallelschaltung zu arbeiten haben, gut bewährt. Beim Dieselmotor hat die Brennstoffversorgung große Schwierigkeit verursacht, ferner die rechtzeitige Beschaffung von wichtigen, der Abnutzung ständig unterliegenden Ausrüstungsteilen.

Die Betriebsschwierigkeiten werden erhöht durch den Mangel an geeigneten Maschinisten.

Besonders geübtes Maschinistenpersonal erfordert auch der Großgasmotorbetrieb, der gerade während der Kriegszeit in Verbindung mit den bestehenden Hochöfen und Koksofenanlagen als beste thermische Ausnutzung vorhandener Brennstoffe sich gut bewährte. Ein Schmerzenskind bei dieser Maschinengattung ist während der Kriegszeit die Schmierölbeschaffung.

Die Gasturbine hat sich auch im Berichtsjahr noch nicht zu praktischen Einheiten ausbilden lassen, dagegen hat die Dampfturbine sowohl für kleine Leistungen, wie für allergrößte Leistungen an Bedeutung gewonnen. Wie bereits berichtet, wird in Amerika bereits von Einheiten zu 50000, ja 60000 kW ernstlich gesprochen. Die Gesamtleistung wird allerdings nicht in einer selbständigen Maschine, sondern in einer Maschinengruppe gewonnen, bestehend aus einer Hochspannungs- und einer Niederspannungsmaschineneinheit, welche betriebstechnisch vereint, aber konstruktiv gesondert ausgeführt sind. Bei der Einheit zu 60000 kW soll sogar die Maschinengruppe aus drei Einzelmaschinen bestehen.

Die Zweckmäßigkeit der Großkraftwerksmaschine ist natürlich aufs äußerste verknüpft mit der Art der Belastungsmöglichkeit und zwingt die Stromlieferanten für möglichst über den ganzen Tag ausgedehnte, einigermaßen gleichmäßige Belastung während bestimmter Betriebszeiten Sorge zu tragen. Es muß daher der kaufmännisch-technische Betrieb der modernen Kraftwerke auf gleicher Höhe stehen mit dem rein technischen Betrieb. Besondere Ingenieurbureaus, welche wünschenswerte Stromabnehmer sachgemäß beraten, in Verbindung mit Stromtarifen, welche beiden Parteien, Stromlieferanten und Stromabnehmern, genügende Vorteile bieten, dienen diesem Zweck. Wo sich dies zwanglos einrichten läßt, wie z. B. in städtischen Betrieben, bildet die Vereinigung des Elektrizitätswerkes mit anderen städtischen Unternehmungen, vorzugsweise Straßenbahnen, aber auch Gas- und Wasserwerken, eine gute Grundlage für wichtige Ersparnisse im Betrieb und der Werbearbeit für die Gewinnung von Kunden. Zunächst sind die einzelnen städtischen Betriebe untereinander gute Abnehmer. Gas- und Wasserwerk benötigen ebensogut Strom, wie das Elektrizitätswerk Koks und Wasser. Dazu tritt vielleicht noch eine Kehrichtverbrennanstalt als Dampf- und Elektrizitätslieferant und Abnehmer für Abfallkoks. Künstliche Eisfabriken in Verbindung mit städtischen Schlachthäusern sowie Kühlhallen, Schwimmbädern und sonstigen gewinnbringenden gemeinnützigen Unternehmungen sollten vorteilhaft anzuschließen sein.

Wärme- und Kälteerzeugung, Licht- und Kraftversorgung müssen Hand in Hand gehen unter Erzielung mäßigster Verwaltungskosten und Betriebskosten durch Vereinigung innerhalb einer technischen Verwaltungsbehörde, welche nach rein kaufmännischen Grundsätzen arbeitet und dem Allgemeinwohl dient.

Je ausgedehnter und umfassender die Werks- und Verteilungsanlagen, um so wichtiger ist für ihr Gedeihen die zweckentsprechende Ausführung und Sicherheit des Betriebes. Ingenieur, Kaufmann und Volkswirt dienen dem gleichen Kulturzweck des Schaffens, des Fortschrittes, des Allgemeinwohles durch gemeinsame Arbeit und durch Vergrößerung des Nationalvermögens auf Grund des gesteigerten Umsatzes des Volksvermögens unter zweckentsprechender Verwertung vorhandener Naturschätze.

---

## Ausgeführte Anlagen und Statistik der Elektrizitätsversorgung.

Von Dr. Br. Thierbach.

### Deutschland.

**Großkraftwerk bei Bitterfeld.** Von den im Berichtsjahre geschaffenen Anlagen verdient vor allem ein Unternehmen Erwähnung, auf dessen Durchführung die deutsche Elektrotechnik mit gerechtem Stolze blicken kann. Ist es doch trotz des Krieges und des durch ihn bedingten ungemein schwer empfundenen Material- und Arbeitermangels gelungen, innerhalb von 10 Monaten ein alle bisherigen deutschen Anlagen weit hinter sich lassendes Großkraftwerk soweit fertig zu stellen, daß der Betrieb mit 30000 kW aufgenommen werden konnte. Es ist das Großkraftwerk auf den Braunkohlenfeldern zu Golpa-Jeßnitz bei Bitterfeld, welches den Strom für eine in 25 km Entfernung von der Bayerischen Stickstoff-A.-G. München errichteten Luftstickstoffabrik erzeugt. 4 Drehstrom-Turbodynamos von je 23500 kVA waren zunächst projektiert. Der Strom wird mit 6 kV erzeugt und auf 80 kV herauftransformiert. Es wird für Zwecke der Kalkstickstofferzeugung mit einem Stromverbrauch von 500 Mill. kWh im Jahre gerechnet. Die Projektierung des gesamten Kraftwerkes und der Fernleitungen liegt in Händen von Prof. Dr. Klingenberg, der Bau wird durch die AEG ausgeführt.[1])

Inzwischen ist bereits ein weiterer Abnehmer, die Elektro-Salpeterwerke A.-G. Zschernowitz mit einem Jahresverbrauch von 250 Mill. kWh hinzugetreten, wodurch eine Erweiterung der Anlagen notwendig wurde. Der volle Ausbau soll sich auf 185000 kVA erstrecken; einschließlich des Verbrauches der Gruben und des Eigenbedarfes des Kraftwerkes wird die gesamte Erzeugung jährlich etwa 830 Mill. kWh betragen.[2])

Mit diesem Werke, über das in der Literatur des Jahres sich aber nur wenige Mitteilungen finden, kann Deutschland zum ersten Male einen Vergleich mit dem in den vorigen Jahrgängen erwähnten großzügigen Anlagen des Auslandes bestehen, die zum Teil allerdings, wie die Anlagen der Victoria-Falls Power Co., auch von deutschen Firmen ausgeführt waren.

Als zweitwichtigstes, mit dem vorgenannten Unternehmen übrigens in unmittelbarem Zusammenhange stehendes Ereignis für Deutschland ist der Übergang der Berliner Elektrizitätswerke in städtische Verwaltung zu nennen. Die Braunkohlenfelder von Golpa-Jeßnitz waren nämlich ursprünglich von den BEW für Berlin erworben und der Plan, sie für die Stickstofferzeugung zu verwerten, konnte erst gefaßt werden, nachdem die Stadtverwaltung von Berlin auf eine Verlängerung des Vertrages mit den BEW und auf die Errichtung eines Fernkraftwerkes verzichtet hatte. Vgl. S. 73.

Die endgültige Entschließung der Stadtverwaltung fiel auffallend schnell (Stadtverordnetenbeschluß vom 8. April 1915)[3]), so daß außer kurzen Mitteilungen der Tagespresse nur wenige neue erwähnenswerte Abhandlungen über die für und wider die städtische Verwaltung sprechenden Gründe erschienen sind.[4])

Wenn auch sonstige größere Neuanlagen unter den im Berichtsjahre obwaltenden Verhältnissen naturgemäß nicht zur Ausführung gelangten, so sind die Vorarbeiten für die schwebenden großen Überlandprojekte doch nennenswert gefördert worden.

**Ostpreußen.** Die Provinzialverwaltung betreibt ihre durch die ersten Kriegsereignisse unterbrochenen Pläne mit Eifer weiter, um sobald als irgend tunlich, den schwer geschädigten Landesteilen billigen elektrischen Strom an möglichst zahlreichen Punkten zur Verfügung stellen zu können; auch hat sie versucht, bis zur Durchführung des großen Projektes die Wiederherstellung einzelner Werke zu unterstützen. Vorschläge für den Ausbau der in der Provinz bestehenden Werke im Rahmen der späteren Überlandversorgung enthält ein Bericht von Thierbach.[5])

**Schlesien.** Die Verhandlungen über das Kommunalkraftwerk Oppeln sind weiter geführt worden.[6])

**Mitteldeutschland.** Im Anschluß an die von dem Staatswerke der Eder-Talsperre zu versorgende Gegend haben sich die Kreise Hanau, Gelnhausen, Schlüchtern, Fulda und Hünfeld zur Stromentnahme entschlossen. Der Staat hat bereits den Ausbau der Mainkraftwerke unter Benutzung der 3 Staustufen des kanalisierten Mains in die Wege geleitet.[7]) Diese Mainkraftwerke sollen durch eine Leitung für 60 kV mit dem Edersperrenwerke verbunden werden. Letzteres ist in diesem Jahre in Betrieb gekommen, hat bis auf die Versorgung von Kreis und Stadt Wildungen aber bisher keine Absatzmöglichkeit, da der Ausbau der Leitungsnetze in den übrigen Kreisen nicht durchzuführen war.

**Sachsen.** Der Staat hat die Vereinheitlichung der Elektrizitätsversorgung in die Hand genommen; eingehendere Berichte hierüber liegen jedoch noch nicht vor.

Von schon bestehenden größeren Anlagen ist eine Beschreibung der Überlandzentrale Saarlouis-Merzig[8]) und ein Bericht über die Elektrizitätsversorgung der Stadt Stettin[9]) veröffentlicht worden.

Von größeren Einzelanlagen verdienen die Mitteilungen über das Elektro-Stahlwerk der Baildon-Hütte Erwähnung[10]), da dieses Unternehmen eines der ersten war, welches, nämlich schon im Jahre 1907, in Deutschland Elektroöfen in seinem Betrieb einführte und daher bereits über längere Betriebserfahrungen verfügt.

Interessant ist auch die Beschreibung eines kleinen fahrbaren Kriegs-Elektrizitätswerkes[11]), das aus einer in Frankreich requirierten und auf einem offenen Güterwagen aufgestellten Lichtmaschine (mit Dynamo und Schaltwand direkt zusammengebauter Lokomobile von Lanz, Mannheim) besteht.

Auch die Versuchsanlage einer Freileitungsstrecke für 200 kV sei noch hervorgehoben. Diese ist von der Firma Schomburg & Söhne auf ihrem Werke Margaretenhütte in Schlesien errichtet und bereits so eingerichtet, daß die Spannung auf 500 kV erhöht werden kann, sobald das hierfür im Bau befindliche Prüffeld fertig gestellt ist.[12])

## Ausland.

Von den übrigen europäischen Staaten liegen in diesem Jahre nur sehr spärliche Angaben und Projekte vor.

Aus **Österreich** wird über das Elektrizitätswerk der Steiermärkischen Elektrizitätsgesellschaft und über die Großwasserkraftanlage an der Drau[13]) berichtet, aus der **Schweiz** über das zur weiteren Versorgung von Luzern und des Kantons Nidwalden dienenden Werkes Trübsee-Engelberg[14]); aus **Spanien** über den weiteren Ausbau der Pyrenäen-Wasserkräfte zur Versorgung der Stadt Barcelona und der Provinz Catalonien[15]); aus **Schweden** über Ausnutzung der Wasserkräfte für die Elektrisierung der Eisenbahn.[16])

In **Norwegen** werden die Wasserkräfte immer mehr für elektrochemische Zwecke herangezogen; so soll die Kraft des „Bjölvefos“ in Hardanger zur Herstellung von jährlich 6000 t Ammoniak-Sulfat verwendet werden, wodurch man die Bedürfnisse der Landwirtschaft Norwegens für die nächsten 10 bis 20 Jahre befriedigen zu können glaubt.[17]) Von den Kalkstickstoffwerken in Odda liegen sehr ausführliche Beschreibungen vor[18]), die im Hinblick auf die Herstellung dieser Produkte in Deutschland besonderes Interesse beanspruchen werden.

Vom feindlichen Auslande ist aus amerikanischen Zeitschriften nur eine Mitteilung über die Versorgung von Manchester zu erwähnen[19]), sowie das am Tyne gelegene Großkraftwerk, welches sich dadurch auszeichnet, daß für seine Erweiterung Gaskraft gewählt ist, bezogen aus einer 2,5 km entfernten Koksanlage.[20])

Aus **Asien** liegen Berichte aus **Siam**[21]), Japan und Indien vor. In **Japan** dient eine Anlage für 115 kV zur Versorgung Tokios, von dem 230 km entfernten

Juawashiro-See, mit einer Leistung von 46600 kVA im ersten Ausbau.[22]) In **Bombay** hat neben der bisherigen Stromversorgung durch die Bombay Lighting & Tramway Co. die indische Regierung vor zwei Jahren eine Konzession zur Versorgung der Groß-Industrie über 500000 kWh jährlich erteilt. Große Spinnereibetriebe kommen hauptsächlich in Frage; in dem von der Küste aus 600 bis 900 m steil ansteigenden Hinterlande sind in drei Taleinschnitten durch große Steindämme Staubecken geschaffen. Im vollen Ausbau sollen 8 Turbogeneratoren von je 10000 kVA aufgestellt werden. Die Übertragung geschieht mit 100 kV. Der gegenwärtig erzeugte Strom wird von 34 Spinnereien verbraucht. Diese bezahlen für Kraftstrom 6,9 Pf, wenn die Lieferungsgesellschaft auch die gesamte elektrische Einrichtung stellt, 6,3 Pf, wenn sie nur die Transformatoren liefert. Für Lichtstrom wird 15,7 Pf bezahlt; er darf nicht mehr als 20% des Kraftstromes betragen. Zurzeit sind in den Spinnereien 205 Motoren für 26500 kW Leistung aufgestellt.[23])

In **Amerika** bieten nach wie vor die großen Wasserkraftanlagen besonderes Interesse. Die Niagara Falls Power Co. hatte 1914 eine Abgabe von 907 Mill. kWh bei einem Belastungsfaktor von 78,7%. Die Stromerzeugung ist infolge der Kriegsmaßnahmen der kanadischen Regierung (Beschränkung der Wasserentnahme und Stromausfuhrverbot nach Amerika) um 43 Mill. kWh geringer als 1913. — Die gleichfalls die Niagara-Fälle ausnutzende Ontario Power Co. setzte 1914 780 Mill. kWh ab.

Eine Tabelle der Stromabgabe der acht größten Kraftwerke Nordamerikas, welche Spitzenbelastung zwischen 50000 und 130000 kW haben, wird angegeben; vier dieser Werke mit Spitzenbelastung über 100000 kW gaben zusammen im Jahre 1914 über 3 Milliarden kWh ab.[24])

Die Cedars Rapid Co. nutzt die Stromschnellen des St. Lorenz-Stromes aus und hofft, daselbst eine Leistung von 130000 kW zu erzielen.[25])

Von weiteren größeren Anlagen seien hervorgehoben: Die Wasserkraftwerke am Pescara[26]), am Savannah River[27]), diejenigen zur Versorgung von Austin, Texas[28]) und Rumford Maine[29]), sowie die neue Versorgung der Stadt Los Angeles in der Sierra Nevada mit einer Übertragungsleitung[30]) für 150 kV.

Eine Übertragung mit 130 kV ist in Utah zur Ausführung gekommen.[31]) Eine groß angelegte Bewässerungsanlage ist im Westen der Vereinigten Staaten entstanden. Die amerikanische Regierung hat tief eingeschnittene Flußtäler aufgestaut und benutzt die Staubecken zur Bewässerung und Urbarmachung großer Brachländerstrecken, teils direkt, teils durch elektrisch betriebene Pumpen; letztere erhalten ihren Strom durch die Elektro-Wasserkraftwerke der Staubecken. Der Überschußstrom wird zu den ungefähren Selbstkosten, die bis zu 2,1 Pf heruntergehen, für gewerbliche Zwecke abgegeben, falls ein Mindestverbrauch garantiert wird.[32])

Als ein typisches Beispiel für die schnelle und großzügige Entwicklung amerikanischer Überlandzentralen kann die Elektrizitätsversorgung von Los Angeles angesehen werden. 1897 waren zuerst 1200 kW in den dortigen Kraftwerken aufgestellt. Diese Werke befanden sich 40 km von der Hauptabgabestelle entfernt. Die Übertragungsspannung betrug 15 kV. Sie wurden in den nächsten Jahren auf 6000 kW ausgebaut; 1905 wurde in 200 km Entfernung ein zweites Wasserkraftwerk mit 10000 kW eingerichtet; die Übertragungsspannung betrug 60 kV. 1907 und 1911 wurden Dampfkraftwerke für 15000 und 20000 kW hinzugefügt, und in den letzten Jahren wurden in 400 km Entfernung am Big Creek ein Wasserkraftwerk mit einer Leistung von 60000 kW erbaut und als Übertragungsspannung 150 kV gewählt.[33])

Von größeren Einzelanlagen seien erwähnt: die Stromerzeugungs- und die Aufzugsanlagen des Woolworth-Gebäudes in New York[34]), die Unterstationen für den New Yorker Theaterdistrikt[35]) und die Kraftversorgung des neuen Equitable-Gebäudes.[36])

### Statistik.

Die Statistik der Vereinigung der Elektrizitätswerke für das Betriebsjahr 1913/14 erscheint zum ersten Male in nennenswert gekürzter Form, in dem eine ganze Reihe der in den früheren Ausgaben enthaltenen Rubriken fortgelassen sind. Abschnitt II B: „Betriebsmittel der Stromfortleitung" ist ganz weggefallen. Abschnitt III „Anschlußwerte" ist stark gekürzt. Einige Ergebnisse dieser Statistik sind von Siegel[37]) zusammengestellt. Eine ausführliche Bearbeitung über statistische Betriebsergebnisse der Elektrizitätswerke und Überlandzentralen nach der Vereinsstatistik, aber für das Jahr 1912/13 gibt Tschnernoff.[38]) In Amerika veröffentlicht das Bureau of Census in Washington alle 5 Jahre sehr umfangreiche Übersichten über die Elektroindustrie. Die Ergebnisse des Jahres 1912 liegen jetzt vor[39]), ebenso interessante Vergleiche zwischen den Elektrizitätswerken, Straßenbahnen, Telephon- und Telegraphenanlagen Amerikas.[40]) Für jede Mark Einnahme entfällt ein Anlagekapital von 7,20 M bei den Elektrizitätswerken; 8,18 M bei Bahnen; 3,89 M bei Telephon-, 3,49 M bei Kabelanlagen. Die bedeutendsten amerikanischen Werke sind Privatunternehmungen, denn obwohl die kommunalen Elektrizitätswerke fast 30% der Gesamtanlagen ausmachen, betragen ihre Einnahmen nur 7,7% der Gesamteinnahmen und ihre Erzeugung sogar nur 4,7% der Gesamterzeugung.

Weitere statistische Veröffentlichungen liegen vor über die elektrischen Unternehmungen in Japan für 1913[41]) und über die Elektrizitätswerke der Schweiz.

[1]) Mitt. BEW 1915, S 147. — [2]) ETZ 1915, S 279, 632. — [3]) ETZ 1915, S 184. — [4]) B. Soberski, El. Kraftbetr. 1915, S 193. — [5]) Thierbach, ETZ 1915, S 536. — [6]) ETZ 1915, S 196. — [7]) ETZ 1915, S 196. — [8]) W. Gosebruch, ETZ 1915, S 549, 567. — [9]) Mayer, Z. Ver. D. Ing. 1915, S 143. — [10]) ETZ 1915, S 93. — [11]) El. Kraftbetr. 1915, S 238. — [12]) ETZ 1915, S 421. — [13]) J. Roßhaendler, Z. Österr. Ing. Arch. Ver. 1915, S 513, 533. — [14]) ETZ 1915, S 445. — A. Paul, Z. Ver. D. Ing. 1915, S 25, 71. — [16]) El. Anz. 1915, S 517, 532. — [17]) ETZ 1915, S 627. — [18]) Engineering Bd 87, S 405; Bd 98, S 267. — ETZ 1915, S 648. — [19]) S. L. Pearce, Engineering Bd 100, S 309. — [20]) Electr. (Ldn.) Bd 74, S 643. — [21]) F. B. Shaw (nach El. Rev. (Ldn.)), El. World Bd 64, S 1162, 1212. — [22]) El. Kraftbetr. 1915, S 392. — [23]) A. Dickinson, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 107. — El. Kraftbetr. 1915, S 140. — [24]) El. World Bd 65, S 255. — El. Kraftbetr. 1915, S 201. — [25]) El. World Bd 65, S 66. — El. Kraftbetr. 1915, S 150. — [26]) El. Masch.-Bau 1915, S 609. — [27]) El. World Bd 66, S 1132. — [28]) El. World Bd 65, S 1460. — [29]) El. World Bd 65, S 79. — [30]) El. Kraftbetr. 1915, S 200, 212. — [31]) El. World Bd 65, S 1451. — [32]) El. Kraftbetr. 1915, S 8. — [33]) El. Kraftbetr. 1915, S 200, 212. — [34]) ETZ 1915, S 430. — [35]) El. World Bd 66, S 1020. — [36]) El. World Bd 66, S 81. — [37]) Siegel, ETZ 1915, S 640. — [38]) J. Tschnernoff, El. Kraftbetr. 1915, S 217, 229. — [39]) K. Perlewitz, ETZ 1915, S 570. — [40]) El. World Bd 65, S 123. — El. Kraftbetr. 1915, S 102. — [41]) ETZ 1915, S 597. — [42]) Schweiz. Bauztg. Bd 66, S 118.

---

## V. Elektrische Beleuchtung.

Von Patentanwalt Dr.-Ing. B. Monasch.

### Beleuchtungsanlagen.

**Beleuchtung und Hygiene.** Über Gas und Hygiene hat v. Gruber[1]), der Direktor des hygienischen Instituts der Universität München, eingehende Untersuchungen angestellt. Einerseits war von elektrotechnischer Seite behauptet worden, daß die Gasbeleuchtung unhygienisch sei, anderseits wollten englische Untersuchungen gefunden haben, daß die Gasbeleuchtung wesentlich zur Reinigung der Wohnungsluft, zur Zerstörung von Gerüchen und zur Desinfektion der Wohnungsluft beitrage, daß sie die Ventilation durch die Erwärmung so

wesentlich erhöhe, daß die Luft des bewohnten Raumes, wenn er durch Gas beleuchtet wird, sogar besser sei als die eines elektrisch beleuchteten Raumes. Es war daher wünschenswert, daß diese Fragen von objektiver Seite nachgeprüft werden. v. Gruber gelangte zu dem Ergebnis, daß die Veränderungen der Temperatur und des Feuchtigkeitsgehaltes sowie die Verunreinigung der Luft mit Kohlensäure, Stickoxyd, schwefliger Säure, Kohlenoxyd nicht so groß sind, daß man vom hygienischen Standpunkt aus irgendwie berechtigt wäre, die Gasbeleuchtung der Wohnräume als unzulässig zu bezeichnen.

Über Fabrikbeleuchtung[2]) berichtet ein englisches Komitee. Es wurden Fabriken aus dem Webstoff- und Maschinengebiete beurteilt. Die Beleuchtung durch Tageslicht wird besser, wenn sie durch die Decke erfolgt, als wenn sie durch seitliche Fenster eintritt, da in den meisten Fällen in einer horizontalen Ebene gearbeitet wird. Der Einfluß unsauberer Fenster, Wände und Nachbargebäude wird betrachtet. Bei der künstlichen Beleuchtung sind die hauptsächlichsten Fehler entweder zu wenig Lichtquellen oder zu lichtstarke Lichtquellen. Es wurden Grundsätze für die Beleuchtung empfohlen.

Burge[3]) untersucht den Einfluß der ultravioletten Strahlen auf die Entstehung des Staars und findet, daß zwei Ursachen vorliegen. Die erste ist eine Veränderung des Eiweißgehaltes der Linse und die zweite ist die durch die kurzwelligen Strahlen hervorgerufene Abscheidung von verändertem Eiweiß. Besonders bei Zuckerkranken liegt eine große Gefahr der Eiweißabscheidung vor.

Hanauer[4]) berichtet über Fortschritte der Beleuchtungshygiene.

**Straßen- und Platzbeleuchtung.** Bloch[5]) weist nach, daß die gasgefüllten, lichtstarken Wolframlampen für Straßenbeleuchtung vortrefflich geeignet sind. Es kommen nicht nur die lichtstarken Lampen von 1000 bis 3000 HK für Hauptstraßen in Betracht, sondern auch Nebenstraßen mit untergeordnetem Verkehr können mit den Größen von 100 bis 600 HK vorteilhaft beleuchtet werden. Nach Bloch sind folgende Zahlenwerte zweckmäßig:

| Art der Straße | Mittlere Horizontalbeleuchtung | Lichtstärke der Lampe | Aufhängehöhe | Lampenabstand in der Straßenrichtung |
|---|---|---|---|---|
| Großstädtische Hauptverkehrsstraße | 10—20 Lux | 2000—3000 HK | 7—9 m | 25—45 m |
| Hauptstraßen . . . . . . . . . . . . | 5—10 » | 600—2000 » | 5—8 » | 30—60 » |
| Nebenstraßen mit stärkerem Verkehr | 2,5— 5 » | 200—600 » | 4,5—6 » | 30—80 » |
| Nebenstraßen mit schwachem Verkehr | 0,5— 2 » | 50—200 » | 3,5—5,5 » | 30—80 » |

Auch für Platzbeleuchtung[6]) sind derartige Lampen naturgemäß geeignet. Über analoge Verwendung dieser Lampenart in Amerika berichtet Tinson.[7]) Preston S. Millar[8]) verbreitet sich in einer ausführlichen Arbeit über die Erfordernisse einer guten Straßenbeleuchtung unter den verschiedenen Bedingungen. Er weist besonders auf drei Punkte hin, die vielfach vernachlässigt werden, nämlich die Schattenwirkung, die Reflexion durch das Straßenpflaster und den Glanz. In der Arbeit sind zahlreiche Abbildungen ausgeführter Beleuchtungsanlagen enthalten.

**Innenbeleuchtung.** Cravath[9]) behandelt die Wichtigkeit des Prinzips der Diffusion bei Innenbeleuchtungsanlagen und die Schädlichkeit von Lichtquellen mit zu starkem Glanze. Abbildungen zeigen die verschiedenen erzielbaren Beleuchtungseffekte. — Powell[10]) beschreibt ein Beispiel einer Kirchenbeleuchtung mit 1000 W-Lampen. — Stickney[11]) gibt Beispiele für Fabrikbeleuchtung und Beleuchtung eines Stahlwerks[12]) mit lichtstarken Wolframlampen. — Moderne Schaufensterbeleuchtung wird von Boye[13]) behandelt. —

Mehrere amerikanische Abhandlungen befassen sich mit der Beleuchtung der Panama-Ausstellung[14]) in San Francisco. — Außer den Grundsätzen, welche ein englisches Komitee über die Verbesserung der Fabrikbeleuchtung[15]) aufgestellt hat, gibt auch Clewell[16]) Gesichtspunkte für die Beleuchtung von Fabriken an.

**Theater.** Osborn[17]) teilt mit, daß bei der Berliner „Volksbühne" über 1500 Metalldrahtlampen normaler Lichtstärke und 9 Nitralampen von je 1000 HK im Zuschauerhaus, in den Umgängen, Erfrischungsräumen usw. installiert sind. Für die Kuppelhorizont- (Fortuny) bzw. Soffiten-Beleuchtung haben hier zum ersten Male Nitralampen Verwendung gefunden. Für die Beleuchtung der Kuppel und Spielfläche werden im ganzen 30 Lampen zu 3000 HK verwendet.

Ein Überblick über Fortschritte in der Bühnenbeleuchtung findet sich in der Zeitschrift für Beleuchtungstechnik.[18])

Die Regulierwiderstände für Bühnenbeleuchtung bedurften beim Ersatz der Kohlenfadenlampen durch Wolframlampen einer Umkonstruktion, da die Regulierwiderstände, welche für Kohlenfadenlampen bestimmt sind, bei Wolframlampen keine glatte Regulierung ohne Flackern ermöglichen. Die Gründe liegen in der Verschiedenheit des Temperaturkoeffizienten beider Lampenarten. Waller[19]) gibt Kurven für die Veränderung des Lampenwiderstandes und der Lichtstärke bei verschiedenen Belastungen bei beiden Lampenarten und beschreibt eine Methode, um den Widerstand für jede Stufe und Stufenreihe im Regulierwiderstand bei Wolframlampen zu bestimmen.

**Eisenbahnen.** Rosenberg[20]) bespricht neue Anwendungen und die Verbreitung der von ihm zuerst im Jahre 1905 beschriebenen Zugbeleuchtungsmaschine. — Schmidt[21]) gibt einen Überblick über die elektrischen Zugbeleuchtungssysteme unter besonderer Berücksichtigung des gemischten Betriebssystems. — Für Weichenlaternen[22]) herrschte bisher die Petroleumbeleuchtung vor. Auf dem Abstellbahnhof Rummelsburg, bei welchem Drehstrom von 220 V zur Verfügung steht, werden in die einzelnen Kabelstromkreise ·Kleintransformatoren eingeschaltet, so daß die Klemmenspannung der Lampen nur 110 V beträgt. Zur Verwendung gelangen 10kerzige Metalldrahtlampen. Der Lichtpunkt der Lampe und der Mittelpunkt des Laternengehäuses fallen zusammen.

v. Westernhagen[23]) beschreibt die Beleuchtungsanlage des bayerischen Lazarettzuges Nr. 2, Gove und Porter[24]) behandeln die Beleuchtung der Wagen der New Yorker Stadtbahn. Die Beleuchtung des Bahnhofes in Montreal ist in El. World[25]) beschrieben.

Lanphier[26]) beschreibt Verbesserungen im Reguliersystem für das Zugbeleuchtungssystem mit Generator und Batterie. Besonderer Wert ist auf die Regulierung der Ladung und Entladung der Batterie gelegt, um die Batterie möglichst zu schonen. Albrecht[27]) behandelt die elektrische Beleuchtung und Anlasser für Kraftfahrzeuge mit Verbrennungsmotoren. Die Beleuchtung durch Batterie bedarf keiner Erörterung. Das Problem wird erst schwierig, wenn ein Elektromotor als Anlasser für den Benzinmotor, eine Batterie und eine vom Benzinmotor zu treibende Dynamomaschine verwendet werden. Die Erfahrungen der Eisenbahnbeleuchtung z. B. mit Rosenbergschen Dynamomaschinen können auch hier nutzbringend verwendet werden. In der sehr ausführlichen Arbeit Albrechts werden die Systeme Gray und Davis, Mafam-Bijur, Bosch, Brolt, C. A. V. von Markt & Co., Rushmore, Delco eingehend beschrieben.

**Treppenhaus.** Hasler[28]) gibt eine neue Schaltung für Treppenhausbeleuchtung an, bei welcher beispielsweise um $9^h$ abends die Beleuchtung nicht vollständig abgestellt, sondern auf halb geschaltet wird, indem die Lampenspannung durch eine Vorschaltdrosselspule oder durch einen Widerstand erniedrigt und die Lichtstärke 16kerziger Metalldrahtlampen auf etwa 5 HK verringert wird. Bei Werken, welche Doppeltarifzähler mit zentralisierten Umschaltuhren verwenden, ergibt sich der weitere Vorteil, daß der Treppenhausautomat gleichzeitig mit Schaltkontakten für die Umschaltleitung der Doppeltarifzähler ausgerüstet

werden kann. — Über das in Breslau verwendete System der Treppenbeleuchtung berichtet v. Alkier.[29])

**Taschenlampen.** Der Bedarf an Taschenlampen ist während des Krieges sehr gestiegen, da sich die elektrischen Taschenlampen [30]) als wertvoll für die Soldaten erwiesen. Um unrichtige und irreführende Angaben über die Leistungsfähigkeit der Taschenlampen zu vermeiden, wird vorgeschlagen, als Brenndauer einer dreiteiligen Batterie die Zeitdauer ihrer ununterbrochenen Entladung über einen festen Widerstand von 15 $\Omega$ oder eine Metallfadenlampe von 3,5 V bei 0,2 A Stromverbrauch zu betrachten, bis die Spannung der Batterie auf 1,8 oder äußerstenfalls auf 1,5 V gesunken ist. Die Taschenlampen sind mit Vorrichtungen zum bequemen Anknöpfen an der Uniform versehen und haben Vorrichtungen zur Abblendung[31]) des Lichtes erhalten. Eine Konstruktion sieht einen kleinen Schutzwiderstand[32]) in der Lampe vor, durch welchen etwa 0,5 V abgedrosselt werden können, damit durch Verstellen des Widerstandes die sich aus dem jeweiligen Zustande der Batterie ergebende ökonomische Betriebsspannung eingestellt werden kann. Über tragbare elektrische Lampen im Bergwerksbetriebe berichtet Schorrig.[33])

**Projektionslampen.** Wie bereits im JB 1914, S 95 erwähnt, lassen sich bei Wolframglühlampen mit spiralisierten Glühkörpern die Glühkörper derart auf einem engen Raume anordnen, daß die Glühlampen als Lichtquelle für Projektionsapparate vortrefflich geeignet sind. Weitere Beiträge zu dieser Frage liefern Porter[34]) und Grempe.[35])

**Scheinwerfer.** Krell[36]) beschreibt die Prüfungsmethoden für Scheinwerferspiegel und gibt die Linienbilder der Spiegel verschiedener Fabrikate an.

Pinelli[37]) bespricht die Gesichtspunkte, die für die Aufstellung von Scheinwerfern auf Kriegsschiffen maßgebend sein sollten. Mc Dowell[38]) beschreibt bekannte Scheinwerfer, wie sie in der amerikanischen Marine verwendet werden und ihre Prüfungsmethoden. Auch Hornor[39]) beschreibt bekannte Scheinwerfer und die Installierung von Lichtquellen auf Handels- und Kriegsschiffen. Die Ausführungen bieten für den Beleuchtungstechniker nichts Neues; sie interessieren mehr in bezug auf die durch die Schiffsverhältnisse gegebenen Erfordernisse für die Installation. Über die Sichtbarkeit entfernter Objekte und Scheinwerfer wird in Engineering[49]) berichtet. Ein kleiner, auf einem Handwagen fahrbarer Scheinwerfer mit gasgefüllter Wolframlampe und Akkumulatorenbatterie wird von Porter und Bailey[41]) beschrieben.

**Photographie.** Voege[42]) zeigt, daß die „Halbwattlampe" (gasgefüllte Wolframglühlampe) bei gleicher optischer Helligkeit dem Gasglühlicht entspricht. Bei 30% Überspannung ist die elektrische Lampe auch bei gleicher optischer Helligkeit dem Gasglühlicht bedeutend überlegen, dagegen erreicht sie noch lange nicht die für die verschiedenen Bogenlampen geltenden Zahlen. Die mit den Halbwattlampen zu erzielenden Lichtstärken (3000 bis 5000 HK) sind vollkommen ausreichend, um Innenaufnahmen mit Objektiven mittlerer Lichtstärke in wenigen Sekunden zu machen. Einen Ersatz für das Tageslicht bietet die Halbwattlampe ebensowenig wie die älteren Lichtquellen. Bedeutung in diesem Sinne gewinnt jedoch die Halbwattlampe in Verbindung mit einem Beleuchtungskörper aus durchsichtigem Marmor. Zu Vergrößerungszwecken ist die Halbwattlampe gut geeignet.

Lux[43]) untersucht die künstlichen Lichtquellen, insbesondere hinsichtlich ihrer aktinischen Wirkung nach einer anderen Methode als Voege und gelangt zu ähnlichen Ergebnissen.

Luckiesh[44]) behandelt die Verwendung der lichtstarken Wolframglühlampen für Bildaufnahmen unter Verwendung farbiger Gläser mit besonders geeigneten lichtdurchlässigen Eigenschaften.

Clarke[45]) untersucht die aktinischen Eigenschaften von Kohlenlichtbögen und Flammenbögen und ermittelt die für photographische Zwecke geeignetsten Strom- und Spannungsverhältnisse.

[1]) v. Gruber, J. Gasbel. 1915, S 413. — [2]) Electr. (Ldn.) Bd 7, S 850. — [3]) Burge, El. World Bd 65, S 912. — [4]) Hanauer, Z. Beleucht. 1915, S 23. — [5]) Bloch, Mitt. Ver. EW. 1914, S 486. — [6]) Mitt. BEW 1915, S 152. — [7]) Tinson, Gen. El. Rev. 1915, S 659. — [8]) Millar, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 1379. — [9]) Cravath, El. World Bd 66, S 519. — [10]) Powell, El. World Bd 64, S 965. — [11]) Stickney, Gen. El. Rev. 1915, S 67. — [12]) Stickney, Gen. El. Rev. 1915, S 377. — [13]) Boye, Helios 1915, S 85. — [14]) El. World Bd 65, S 391, 1383. — Gen. El. Rev. 1915, S 579. — [15]) Electr. (Ldn.) Bd 7, S 850. — [16]) Clewell, El. World Bd 66, S 1135. — [17]) Osborn, Mitt. BEW 1915, S 20. — [18]) Z. Beleucht. 1915, S 69. — [19]) Waller, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 221, 2590. — [20]) Rosenberg, El. Masch.-Bau 1915, S 253. — Z. Ver. D. Ing. 1915, S 380. — [21]) Schmidt, Helios 1915, S 415, 422, 429, 440. — [22]) Mitt. BEW 1915, S 154. — [23]) v. Westernhagen, El. Krafbetr. 1915, S 244. — [24]) Gove u. Porter, El. Rlwy. Jl. Bd 45, S 614. — [25]) El. World Bd 65, S 334. — [26]) Lanphier, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 1829. — [27]) Albrecht, Verh. Ver. Gewerbfleiß 1915, S 299. — [28]) Hasler, Bull. Schweiz. EV 1915, S 309. — [29]) v. Alkier, El. Masch.-Bau Bd 33, S 485. — [30]) ETZ 1915, S 261. — Helios 1915, S 254, 377. — [31]) Helios 1915, S 356. — [32]) Helios 1915, S 302. — [33]) Schorrig, El. Anz. 1915, S 89. — [34]) Porter, Gen. El. Rev. 1915, S 371. — [35]) Grempe, Helios 1915, S 563. — [36]) Krell, ETZ 1915, S 496. — [37]) Pinelli, ETZ 1915, S 541. — [38]) Mc Dowell, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 195. — El. World Bd 65, S 526. — [39]) Hornor, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 1515. — [40]) Engineering Bd 99, S 110, 576. — [41]) Porter u. Bailey, Gen. El. Rev. 1915, S 1144. — [42]) Voege, Z. Beleucht. 1915, S 33. — [43]) Lux, Z. Beleucht. 1915, S 55. — [44]) Luckiesh, El. World Bd 64, S 954. — [45]) Clarke, El. World Bd 64, S 956.

## Lampen und Zubehör.

**Allgemeines.** Lummer und Kohn[1]) haben eingehende Untersuchungen der Beziehung zwischen Flächenhelligkeit und Temperatur angestellt. Diese Beziehungen wurden für den schwarzen Körper für die Temperaturen von 800° bis 8000° und für das blanke Platin von 800° bis 7000° berechnet. Dann wurden die rechnerisch gewonnenen Beziehungen an verschiedenen zur Klasse „schwarzer Körper — blankes Platin" gehörenden Strahlern experimentell geprüft. Die experimentelle Prüfung der berechneten Beziehung zwischen Flächenhelligkeit und Temperatur hat gute Ergebnisse geliefert. Es wird daher eine neue Methode der Temperaturbestimmung für die glühenden Drähte der Metallfadenlampen vorgeschlagen. Kennt man bei einer Temperatur $T_1$ die Helligkeit $H_1$ des Metalls und bestimmt man nun in einem zweiten Glühzustand die Helligkeit $H_2$, so kann die zugehörige Temperatur $T_2$ aus der Helligkeitstemperaturkurve der Metalle entnommen werden. Auf diese Weise wurde die wahre Temperatur der Wolframlampe zu etwa 2400° abs. (bei der Normalbelastung von 1 W/HK) ermittelt.

Nach Lummer und Kohn könnte eine Ausbeute von nahezu 20 HK/W mit Strahlern erzielt werden, die nur im Bereich des sichtbaren Lichtes (0,4 bis 0,8 $\mu$) strahlen. Ein Strahler, der nur im Gebiete gelbgrün der maximalen Empfindlichkeit unserer farbenempfindlichen Zapfen des Auges strahlt, würde etwa 53 HK/W als technische Lichtausbeute ergeben.

Coblentz[2]) gibt feste Körper an, die ein Maximum an Licht bei einem Minimum an ultraroter Strahlung aufweisen. Hierdurch unterscheiden sie sich von den Leitern zweiter Klasse (Nernstkörpern). Coblentz fand, daß auch feste Körper Bandenspektren aussenden. Der Glühkörper von Coblentz besteht aus einem dünnen Faden eines komplexen Aluminiumsilikates, der an einem Halterstäbchen aus Aluminiumoxyd befestigt ist. Nähere Angaben finden sich auch im amerikanischen Patente 1135663.

**Bogenlampen.** Darrah[3]) machte Untersuchungen über die Verwendung von Wolfram als Elektrodenmaterial für Lichtbögen. Die Wolframelektroden wurden zum Teil mit schwerschmelzbarem Material umgeben und in eine luftleere Glocke eingeschlossen. Die Glocke wurde dann mit Dämpfen von Antimon-

tetrachlorid, Kohlenstoff-, Zinn- oder Titantetrachlorid gefüllt. Ein derartiger Lichtbogen von 100 mm Länge benötigte bei 10 A 60 V. — Über neuere Dauerbrand-Effektbogenlampen berichtet Schellenberger.[4]) — Amerio[5]) prüft die Lichtausstrahlung des Kraters von Kohlenlichtbögen und findet, daß die mit einer Thermosäule gemessene Gesamtstrahlung in den verschiedenen Richtungen das Kosinusgesetz befolgt. — Heyck[6]) hält die Angabe der sphärischen Lichtstärke für Glühlampen im Handel für richtig, jedoch bei Bogenlampen für unzweckmäßig. Er begründet seine Ansicht damit, daß die nackte Glühlampe beleuchtungstechnisch etwas ganz anderes als die übliche Bogenlampe ist. Er macht den Vorschlag, in beleuchtungstechnischem Sinne zu unterscheiden zwischen „Lichtquellen im engeren Sinne" (z. B. nackte Glühlampe) und „Lampen für Platz- oder Raumbeleuchtung" (z. B. übliche Bogenlampe). Für die erstere Art soll die mittlere sphärische Lichtstärke, für die letztere jedoch die mittlere hemisphärische Lichtstärke in der oberen und in der unteren Hemisphäre angegeben werden. Es wird dann weiter vorgeschlagen, die Lampen aller Arten nicht nach ihrem Energiemittel (Elektrizität, Gas usw.) und nicht nach ihrer Lichtquelle (Bogenlampe, Glühlampe usw.), sondern nach ihren Zwecken zu trennen, und für jeden Zweck zu bestimmen, welche Lichtstärke einheitlich angegeben werden soll.

Über eine Quecksilberdampflampe für Wechselstrom berichtet Leblanc.[7]) Die Lampe unterscheidet sich von den bisherigen dadurch, daß sie außer Betrieb im Inneren der Röhre kein Vakuum hat, sondern ganz mit Quecksilber angefüllt ist. Die Zündung erfolgt dadurch, daß in der Mitte der gebogenen Röhre das Quecksilber mittels eines elektrisch erwärmten Platindrahtes erhitzt wird; das Quecksilber gerät ins Sieden, trennt sich in zwei Teile und es entzündet sich ein Bogen; dieser brennt unter einem Druck, der um einige cm höher als Atmosphärendruck ist.

**Glühlampen.** v. Pirani und Meyer[8]) berichten über Untersuchungen an den neueren elektrischen Glühlampen mit Gasfüllung, den sog. Halbwattlampen. Der Gasdruck in den Lampen beträgt in kaltem Zustande $^1/_3$ bis $^1/_2$ atm, ist also so bemessen, daß beim Brennen kein oder kein nennenswerter Überdruck und damit ein Zersprengen der Glocken zu befürchten ist. Die Glockentemperaturen sind durchgängig höher als bei den Vakuumlampen mit Wolframdraht und können bei den lichtstarken Typen an den heißesten Stellen 150 bis 200° C betragen. Der Kaltwiderstand der Lampen beträgt nur etwa den 15. Teil ihres Heißwiderstandes. Bei einer 1000 HK-Lampe ergab eine oszillographische Aufnahme des Einschaltvorgangs, daß der zweifache Wert des Dauerstromes nach etwa 0,05 s, bei einer 2000 HK-Lampe nach etwa 0,09 s erreicht wird, und daß der gesamte Einschaltvorgang in etwa 0,3 bis 0,4 s beendigt ist. Für die Sicherung der Stromkreise mit Gasfüllungslampen kommen demnach dieselben Gesichtspunkte in Betracht wie für die Vakuumlampen gleicher Stromstärke. Ein Vorteil der Gasfüllungslampen gegenüber den Vakuumlampen besteht in der Verringerung der Glockengrößen und Gesamtlängen bei gleicher Lichtstärke. Das Verhalten der Lampen in bezug auf die Lichtabnahme während der Brenndauer weicht wenig von dem der Vakuumwolframlampen ab. Pirani und Meyer haben auch die Temperatur der Wolframdrähte bei Gasfüllungslampen von 1000 bis 3000 HK für 110 V bestimmt. Die Lampen zeigten bei 0,55 W für die sphärische HK eine wahre Fadentemperatur von etwa 2500°. Die Fadentemperatur ist also um 450° höher als bei den normalen Einwattlampen und beträgt rd. 90° mehr als bei einer Vakuumlampe, wenn man diese mit derselben Belastung brennt. Entsprechend der hohen Fadentemperatur der Gasfüllungslampen sendet der Leuchtdraht für 1 mm² Oberfläche rd. 8 HK aus, d. h. etwa das fünffache des sich bei den Einwattlampen im Vakuum ergebenden Wertes.

Auch Lederer[9]) teilt Untersuchungen über gasgefüllte Wolframlampen mit.

Nach Mackay[10]) ist bei Stickstoffüllung die Temperatur des Fadens 400 bis 600° höher als bei Vakuumlampen bei einer Belastung von rd. 0,9 W/HK. Bei Quecksilberdampffüllung beträgt die absolute Temperatur sogar 3100

bis 3200°. Wenn nur die Rücksicht auf die Wärmeleitung maßgebend wäre, wäre Quecksilberdampf am günstigsten, dann käme eine Argonfüllung und an letzter Stelle Stickstoffüllung. So ergeben sich bei 10 A für Argon 0,45 W/HK für Stickstoff 0,515 W/HK; bei 20 A sind die entsprechenden Werte 0,4 und 0,43 W/HK; der Gasdruck spielt bei einem Druck von $^1/_5$ bis 1 atm mit Rücksicht auf die Wärmeleitung keine bedeutende Rolle. Bei Beurteilung der Lampen ist die Temperatur des Fadens sehr wichtig. Im Laboratorium der General Electric Co. wird für Wolframfäden folgende Formel benutzt:

$$T = 11{,}23/7{,}029 \log H,$$

wobei $T$ die absolute Temperatur und $H$ die Lichtstärke in „internationalen" Kerzen (= 1,11 HK) für 1 cm² der projizierten leuchtenden Fadenoberfläche bedeuten.

Die verschiedenen Ziehverfahren[11]) für Wolframdrähte werden an Hand der Patentliteratur erläutert. — Worthing[12]) gibt die spezifische Wärme des Wolframs für Temperaturen von 1600 bis 2200° zu 0,042 bis 0,050 an und findet, daß die Strahlungsintensität hinter der Temperatur bei Änderungen der Temperatur scheinbar zurückbleibt. — Worthing[13]) mißt die Temperaturverteilung in Glühlampendrähten in der Nähe der Verbindungsstelle mit den Haltern, wo die Glühenden der Drähte eine besondere Abkühlung erleiden. Bei 4,3 cm von einem Nullpunkt betrug die Temperatur des Fadens etwa 1420° bei 4,8 cm 2100°. — Melson und Booth[14]) untersuchen die Temperaturerhöhung in dünnen biegsamen Drähten, die nicht nur infolge Stromdurchgangs auftritt, sondern auch durch die Erwärmung von einer hängenden Lampe erfolgt. An der Austrittstelle einer verseilten Schnur aus der Fassung ergab sich bei einer Wolframlampe für 55 W eine Temperaturerhöhung von 25°.

Verschiedene Arbeiten beschäftigen sich mit dem Ersatz vorhandener Bogenlampen durch lichtstarke, gasgefüllte Wolframlampen (Halbwattlampen). Boye[15]) ermittelt bei verschiedenen Bogenlicht-Beleuchtungsanlagen mit zusammen 200 Bogenlampen die tatsächlichen Betriebskosten sowie die erzielbaren Lichtstärken und gelangt zu dem Ergebnis, daß ein Ersatz der untersuchten Reinkohlen-Bogenlampen durch gasgefüllte, lichtstarke Wolframlampen trotz Erhöhung der Lichtstärke eine beträchtliche Betriebskostenersparnis ergibt. Chevalier[16]) zeigt hingegen, daß moderne Effektbogenlampen der Halbwattlampe auch bei sehr geringen Strompreisen in der Wirtschaftlichkeit bedeutend überlegen sind. Conradty, die Planiawerke und Gebr. Siemens & Co.[17]) geben Kurven an über die Betriebskosten verschiedener Bogenlampenarten und der Halbwattlampe. Auch für amerikanische Verhältnisse wird die Frage von Clifford[18]) erörtert.

Die Bezeichnung „Halbwattlampe" [19]) wird übrigens von den meisten Firmen aufgegeben, da die untere hemisphärische Lichtstärke dieser Glühlampen mit betriebsmäßiger Armatur gemessen bei den nunmehr auch im Handel befindlichen Lampen kleinerer Lichtstärke (100 und 200 HK) größer als 0,5 W/HK ist. Diese 100 bis 200 HK-Lampen verbrauchen etwa 0,8 bis 0,9 W/HK. Es werden daher Phantasienamen für die bisher als Halbwattlampen bezeichneten gasgefüllten Wolframlampen eingeführt, z. B. Nitralampen, Azolampen. —

Die Frage der photometrischen Bezeichnungsweise der Glühlampen im Handel ist infolge der neuen Lampenformen mit spiralisierten Drähten und der verschiedenartigen Anordnungsformen der Glühkörper lebhaft erörtert worden. Die bisherige verbandsmäßige Angabe der horizontalen Lichtstärke erscheint nicht mehr zweckmäßig. Einige empfehlen die Angabe der sphärischen Lichtstärke, andere die der hemisphärischen, wieder andere wollen von der Angabe der Lichtstärke überhaupt absehen.[20]) Diese Fragen bedürfen noch eingehender Behandlung durch unparteiische Körperschaften, damit eine allen Bedürfnissen gerecht werdende Regelung der Frage erfolgen kann.

Halbertsma[21]) bespricht den Einfluß der „Halbwattlampe" auf die Lichttechnik und erörtert beleuchtungstechnische Fehler in Beleuchtungsanlagen[22]) mit Halbwattlampen. Über Erfahrungen mit Halbwattlampen berichtet auch Ely.[23])

Eine Statistik[24]) beschäftigt sich mit dem Anwachsen der Glühlampenerzeugung seit der ersten praktischen Einführung der Glühlampe durch Edison vor 36 Jahren. Im Jahre 1880 wurden von Edison 25000 Lampen, im Jahre 1913 in den Vereinigten Staaten 80 Mill. Glühlampen hergestellt. Graphische Zusammenstellungen über den Anteil der einzelnen Lampenarten, das Anwachsen der Lichtstärken und das Sinken der Preise geben interessante Aufschlüsse.

Als Reihenschaltungs-Signallampen werden nach Bloch[25]) Metalldrahtlampen kleinster Form von 1 V Spannung verwendet. Gegenüber den bisher verwendeten parallel geschalteten Signallampen haben die Reihenschaltungssignallampen den Vorteil, daß sie zuverlässig anzeigen, ob Strom durch den Stromverbrauchsapparat fließt. Sie sind geeignet bei Beleuchtungsstromkreisen, um das Brennen entfernter Lampen anzuzeigen, ferner bei Koch- und Heizapparaten, denen man von außen nicht ansehen kann, ob Strom durch sie hindurchgeht.

Untersuchungen über Karborund als Nebenschluß für Reihen-Glühlampenbeleuchtung teilt Lux[26]) mit. Bisher hatten sich Drosselspulen am besten bewährt, um beim Durchbrennen einer Lampe den unterbrochenen Stromkreis zu schließen. Karborund läßt in kaltem Zustande nur eine ganz minimale Stromstärke durch, erst bei einem höheren Stromdurchgange, der entsprechend der Spannungserhöhung beim Durchbrennen einer Lampe eintritt, erwärmt sich das Karborund in dem Maße, daß bei passender Bemessung der Spannungsanteil der Lampe genau ausgeglichen wird. Auch bei Verwendung von Bleiglanz, Eisenkies, Spießglanz wurden ähnliche Beobachtungen wie bei Karborund gemacht. — Luckiesh[27]) teilt mit, daß er gasgefüllte Wolframlampen mit Glassorten umgeben hat, die so ausgewählt waren, daß das ausgestrahlte Licht in seiner spektralen Zusammensetzung dem des blauen Himmels gleicht. Die Lampen sind zur Farbenunterscheidung geeignet.

**Mooresche Röhrenlampen.** Moore[28]) hat eine mit Kohlendioxyd gefüllte Röhre entwickelt, deren Licht in seinen spektralen Eigenschaften den Werten für blauen Himmel nahezu gleichkommen soll. Die Lampe soll daher besonders zur Farbenunterscheidung bei Nachtbetrieb in Färbereien geeignet sein.

1) Lummer u. Kohn, Jahresber. Schles. Ges. vaterl. Kultur, 29. 7. 1915. — 2) Coblentz, El. World Bd 66, S 1155. — 3) Darrah, El. World Bd 66, S 1099. — 4) Schellenberger, Helios 1915, S 84. — 5) Amerio, El. World Bd 66, S 298. — 6) Heyck, ETZ 1915, S 620. — 7) Leblanc, Z. Beleucht. 1915, S 111. — 8) v. Pirani u. Meyer, ETZ 1915, S 493, 507. — 9) Lederer, Helios 1915, S 381. — 10) Mackay, ETZ 1915, S 665. — 11) ETZ 1915, S 477. — 12) Worthing, Phys. Rev. Ser. 2, Bd 5, S 340. — 13) Worthing, El. World Bd 65, S 217. — 14) Melson u. Booth, Electr. (Ldn.) Bd 7, S 519. — 15) Boye, ETZ 1915, S 1, 13, 40. — 16) Chevalier, ETZ 1915, S 269. — 17) Conradty, Planiawerke, Gebr. Siemens & Co., ETZ 1915, S 221. — 18) Clifford, El. World Bd 65, S 1594. — 19) ETZ1915, S 57. — 20) ETZ 1915, S 216, 235, 248, 264, 620. — Helios 1915, S 105. — Bull. Schweiz. EV. 1915, S 331. — 21) Halbertsma, El. Anz. 1915, S 1. — 22) Halbertsma, El. Anz. 1915, S 475, 489. — 23) Ely, Z. Ver. D. Ing. 1915, S 775. — 24) El. World Bd 66, S 860. — 25) Bloch, ETZ 1915, S 27; Mitt. BEW 1915, S 8. — 26) Lux, Z. Beleucht. 1915, S. 4. — 27) Luckiesh, El. World Bd 66, S 71. — 28) Moore, El. World Bd 66, S 1160.

# VI. Elektrische Fahrzeuge und Kraftbetriebe.

Elektrische Voll- und Straßenbahnen. Von Prof. Dr. W. Kummer, Zürich. — Elektrische Bahnen und Fahrzeuge für besondere Zwecke. Von Ingenieur Max Schiemann, Wurzen. — Hebezeuge, Transport- und Verladevorrichtungen. Von Prof. Rudolf Krell, München. — Maschinenantrieb in Fabriken, Pumpen, Werkzeugmaschinen und elektrische Werkzeuge. Landwirtschaftlicher Betrieb. Von Privatdozent Dr.-Ing. Alexander Brückmann, Hannover.

## Elektrische Voll- und Straßenbahnen.

Von Prof. Dr. W. Kummer.

An Fortschritten auf dem Gebiete der elektrischen Zugförderung ist das Jahr 1915, trotz etwelcher Einschränkung in der Bautätigkeit, keineswegs so arm, wie man aus der allgemeinen Lage, insbesondere in Europa, erwarten sollte; wenigstens weist die technische Literatur manche wichtige Veröffentlichung auf. In erster Linie sind hier die alle einzelnen Bahngattungen umfassenden Berichte über Ausstellungen von elektrischem Zugförderungsmaterial zu nennen die 1915 veröffentlicht wurden, obwohl die betreffenden Ausstellungen ausnahmslos schon im Jahre 1914 stattfanden. So hat das an der Baltischen Ausstellung in Malmö vorgeführte elektrische Zugförderungsmaterial durch Anger[1]) eine einläßliche Würdigung gefunden. An der maritimen Ausstellung von Genua bot die Vorführung einer mittels elektrischer Lokomotive betriebenen und für Personen- und Güterbeförderung eingerichteten Schwebebahn[2]) bemerkenswerte Einzelheiten. Weitaus die bedeutendsten Darbietungen von elektrischem Zugförderungsmaterial, zudem in großer Fülle die einzelnen Bahngattungen und die verschiedenen Stromarten berücksichtigend, enthielt die schon im JB 1914 erwähnte Schweizerische Landesausstellung in Bern, über die eingehende Berichte durch Niethammer[3]) einerseits und durch Kummer[4]) anderseits bekannt gegeben wurden. Über die im Jahre 1915 in San Francisco veranstaltete Ausstellung, an der amerikanische elektrische Lokomotiven, Motorwagen und Einzelteile vorgeführt wurden[5]), liegen vorerst noch keine eingehenden Berichte hinsichtlich dieser Ausstellungsgegenstände vor.

Was die Literatur von 1915 im weiteren über die elektrische Zugförderung vorbringt, gibt, geordnet nach den einzelnen Bahngattungen, folgendes Bild:

**Straßen- und Überlandbahnen.** Das Bestreben, Kugellager an Stelle von Gleitlagern, sowohl für die Fahrzeugsachsen, als auch für die Elektromotoren bei stets größer werdenden Achsdrücken bzw. Lagerdrücken anzuwenden, ist nun sehr auffällig erkennbar; über die konstruktiven Einzelheiten hat Ahrens[6]) wertvolle Angaben veröffentlicht, während Zehnder[7]) und Guhl[8]) über Erfahrungen im Betriebe zu berichten wissen. Über die Fortschritte im Bau der Motoren für Straßen- und Überlandbahnen, insbesondere im Zusammenhang mit den heutigen Maßnahmen der Lüftung, sind wertvolle Angaben von der AEG[9]), von BBC[10]) und von der amerikanischen Westinghouse Co.[11]) gemacht worden. Über Erfahrungen mit Zahnrädern im Bahnbetrieb handelt eine weitere hierher gehörende Mitteilung der BBC.[12]) Ein Symptom der umsichgreifenden Normalisierung im Straßenbahnwesen bildet die Beseitigung der unterirdischen Stromzuführung bei der Wiener Straßenbahn.[13]) Als neue Beispiele der Ausbildung geeigneter Vorrichtungen für die Unterhaltungsarbeiten von Oberbau und Wagenmaterial sind die Schienenfeilmaschine der AEG nach Caro[14]) und die Vorrichtung der Maschinenfabrik Oerlikon[15]) zum Aufschrumpfen der Radreifen mittels elektrischer Heizung von Interesse. Die schon im JB 1913 und im JB 1914 in Betracht gezogene Einführung des Quecksilberdampf-Gleichrichters für elektrische Bahnbetriebe ist im Jahre 1915 für Europa zur Tatsache geworden, indem die Umformerstation der Limmattal-Straßenbahn,

vor den Toren Zürichs, durch die BBC[16]) mit Gleichrichtern ausgerüstet worden ist.

**Stadtschnellbahnen.** In bemerkenswerter Ausdehnung hat im Jahre 1915 die Untergrundbahn von New York einen Zuwachs an Betriebslänge erfahren und im Zusammenhang damit neues Zugförderungsmaterial mit mannigfachen Verbesserungen an einzelnen Teilen erhalten.[17]) In New York und Brooklyn sind Untergrundbahnlinien mit Stromschienen (sog. „dritten" Schienen) von neuer eigenartiger Bauart[18]) ausgerüstet worden. Von der Hochbahn in Chicago wird die Einrichtung der Werkstätten[19]) von Betriebstechnikern mit Interesse zur Kenntnis genommen werden. In Europa dürften einzig die Schnellbahnen von London größere Elektrifizierungsarbeiten ausgeführt haben, unter denen wohl diejenigen der London & South Western Rly.[20]) besonders umfangreich sind; indessen hat auch die London & North Western Rly.[21]) wieder umfangreiche Materialbestellungen erteilt. Eine Studie von Bethge[22]) über die wirtschaftlichste Abmessung der Leitungsanlage und die vorteilhafteste Entfernung der Unterwerke für städtische Schnellbahnen wird als grundsätzliche Untersuchung weitgehende Beachtung finden.

**Elektrische Haupt- und Zwischenstadtbahnen.** Die im JB 1914 betonte bedeutsame Entwicklung der amerikanischen Hochspannungs-Gleichstrombahnen hat im Jahre 1915 weiter angedauert und in der zum Versuche vorgenommenen Ausrüstung der Michigan United Traction Co. mit Gleichstrom von 5000 V einen Höhepunkt erreicht. Über diese, von der Westinghouse Co. gebaute Anlage hat Storer[23]) berichtet; bemerkenswert ist die Verwendung von Doppelmotoren von 2 × 75 kW, deren einzelne Motoren, für 2500 V gewickelt, auf ein gemeinsames großes Zahnrad arbeiten und ein gemeinsames magnetisches Feldgestell besitzen: damit hat Westinghouse das von ihm bei der New York, New Haven and Hartford Rly. für Wechselstrommotoren erprobte Prinzip des Doppelmotors mit Zahnrad in die Technik der Hochspannungs-Gleichstrombahnen hinübergenommen. Es konnte nicht fehlen, daß die auffallende Eigenart der neuesten amerikanischen Gleichstrom-Bahnanlagen in Europa zu Vergleichen mit den daselbst üblichen Bauanordnungen und Systemansichten führen würde. So haben einerseits Kummer[24]) und anderseits Seefehlner[25]) die Ursachen des gegenwärtigen Gegensatzes amerikanischer und europäischer Ansichten in der Systemfrage zu ergründen gesucht. In einer anschließenden Veröffentlichung hat Kummer[26]) alsdann eine theoretisch begründete und allgemein gültige Beziehung über die Abhängigkeit des Abstandes der Fahrleitungsspeisepunkte von der Fahrspannung und der Verkehrsdichte abgeleitet, die folgenderweise lautet:

$$\lambda = \frac{E_s}{\sqrt{p}} \cdot \frac{1}{C}.$$

Dabei ist $\lambda$ der Abstand der Fahrleitungsspeisepunkte in km, $E_s$ die Speisepunktsspannung in V, $p$ der Verkehr auf der Bahnstrecke in t/h bei vollständiger Ausnützung und $C$ stellt eine Systemskonstante dar, die unter bestimmten und gleichmäßigen Annahmen für Gleichstrom den Zahlenwert 5,0, für Einphasen- und Drehstrom den Zahlenwert 8,0 aufweist.

Über die wichtigsten, im JB 1914 aufgeführten Neuanlagen amerikanischer Bahnen liegen nun eingehende Baubeschreibungen vor, so insbesondere über die Gesamtanlagen der Norfolk and Western Rly.[27]), sowie über die Lokomotiven der Chicago, Milwaukee and St. Paul Rd.[28]); von der New York, Westchester and Boston Rly.[29]) werden bemerkenswerte Angaben über die Unterhaltungsarbeiten für den Signaldienst veröffentlicht.

Von europäischen Bahnen ist insbesondere die endgültige Betriebsaufnahme auf der schwedischen Bahnlinie Kiruna—Riksgränsen zu melden, die zu weiteren Baubeschreibungen[30]) Anlaß geboten hat. Aus den Elektrifizierungsarbeiten der Preußischen Staatseisenbahnen wird durch die einläßliche Baubeschreibung von Kleinow[31]) über den dreiteiligen Wechselstrom-Triebwagenzug der schlesi-

schen Gebirgsbahnen wiederum eine Reihe bemerkenswerter Einzelheiten bekannt. Von den im JB 1914 genannten neuen Lokomotiven für die Italienischen Staatsbahnen sind 1915 die von der Italienischen Westinghouse-Gesellschaft ausgerüsteten 1-C-1-Lokomotiven zur Ablieferung gelangt, deren Einzelheiten, insbesondere die kombinierte Pol- und Kaskadenumschaltung, durch Pontecorvo[32]) beschrieben wurden. Einige Einzelheiten über die für die Speisung des elektrischen Betriebes im Mont-Cenis-Tunnel erstellte Perioden-Umformungsstation Bardonecchia, mit Schwungradpufferung und Dreiphasen-Kommutatormotor als Schlupfregler, werden durch die ausführende Firma BBC[33]) mitgeteilt. Neben den in den eingangs genannten Ausstellungsberichten von Niethammer und Kummer einläßlich beschriebenen neuen elektrischen Fahrzeugen für die Schweizerischen Bahnen sei auch noch besonders auf die Akkumulatoren-Verschiebelokomotive mit elektrischer Kuppelung für die schweizerische Bahnwerkstätte Olten hingewiesen, die durch Keller[34]) beschrieben worden ist. Ebenfalls aus schweizerischen elektrischen Bahnbetrieben sind typische Belastungskurven von Bahnkraftwerken[35]) veröffentlicht worden, die wertvolle Unterlagen zu Erörterungen über Drehstrom- und Einphasenbetrieb darstellen.

Wie im Jahre 1914, so sind auch im Jahre 1915 wieder verschiedene grundsätzliche Untersuchungen über Fragen der elektrischen Zugförderung auf Hauptbahnen im allgemeinen veröffentlicht worden. Der Einfluß von Stichmaßfehlern auf die Beanspruchung der Lokomotiv-Parallelkurbelgetriebe ist, von verschiedenem Standpunkt aus, einerseits durch Wichert[36]) und anderseits durch Kummer[37]) analytisch behandelt worden. Neue Betriebsmöglichkeiten bei Steuerstrom-Induktionsmotoren für schweren Eisenbahnbetrieb hat Meyer[38]) in Betracht gezogen. Ein neuer Beitrag zu der alten, auch im JB 1914 berücksichtigten Streitfrage über das Adhäsionsgewicht elektrischer Fahrzeuge bei Motoren verschiedener Stromart ist von Kummer[39]) geleistet worden. Die wichtige Angelegenheit der Telegraphenstörungen durch Wechselstrombahnen mit Schienenrückleitung wurde auf Grund von Erfahrungen bei deutschen Wechselstrombahnen durch Brauns[40]) zur Darstellung gebracht; vgl. S 164.

[1]) Anger, Z. Ver. D. Ing. 1915, S 233, 558, 704, 737. — [2]) Riv. tec. d. Ferrovie It. 1915, S 147. — [3]) Niethammer, El. Masch.-Bau 1915, S 363, 379. — [4]) Kummer, Schweiz. Bauztg. Bd 66, S 123, 138, 149, 160, 215, 239, 249. — [5]) El. Rlwy. Jl. Bd 45, S 504. — [6]) Ahrens, ETZ 1915, S 330. — [7]) Zehnder, Schweiz. Bauztg. Bd 65, S 49. — [8]) Guhl, Schweiz. Bauztg. Bd 65, S 147. — [9]) Adler, El. Kraftbetr. 1915, S 368. — [10]) Mitt. BBC 1915, S 17. — [11]) Hellmund, El. Rlwy. Jl. Bd 45, S 833, 937. — [12]) Mitt. BBC 1915, S 52. — [13]) ETZ 1915, S 502. — [14]) ETZ 1915, S 179. — [15]) Schweiz. Bauztg. Bd 66, S 112. — [16]) Mitt. BBC 1915, S 132. — [17]) El. Rlwy. Jl. Bd 45. S 496, 614, 872. — [18]) El. Kraftbetr. 1915, S 214. — [19]) El. Rlwy. Jl. Bd 45, S 551. — [20]) Electr. (Ldn.) Bd 75, S 961; Bd 76. S 59, 87, 124, 163. — [21]) Schweiz. Bauztg. Bd 66, S 240. — [22]) W. Bethge, ETZ, 1915, S 147. — [23]) Storer, El. Rlwy. Jl. Bd 46, S 660. — [24]) W. Kummer, Schweiz. Bauztg. Bd 65, S 190. — [25]) E. E. Seefehlner, El. Kraftbetr. 1915, S 357. — [26]) Kummer, Schweiz. Bauztg. Bd 66, S 280. — [27]) El. Rlwy. Jl. Bd 45, S 1058. — [28]) El. Rlwy. Jl. Bd 45. S 1072. — [29]) El. Rlwy. Jl. Bd 45, S 561. — [30]) ETZ 1915, S 393, 412. — [31]) Kleinow, El. Kraftbetr. 1915, S 51, 73, 97, 109. — [32]) G. Pontecorvo, El. Rlwy. Jl. Bd 45, S 283. — [33]) Mitt. BBC 1915, S 34. — [34]) Keller, Schweiz. Bauztg. Bd 66. S 4. — [35]) Schweiz. Bauztg. Bd 66, S 36. — [36]) A. Wichert, ETZ 1915, S 15, 25. — [37]) W. Kummer, ETZ 1915, S 311. — [38]) Meyer, ETZ 1915, S 338, 356. — [39]) W. Kummer, Schweiz. Bauztg. Bd 65, S 129. — [40]) Brauns, ETZ 1915, S 213, 231, 257.

---

## Elektrische Bahnen und Fahrzeuge für besondere Zwecke.

Von Ingenieur Max Schiemann.

**Grubenbahnen.** Die fortschreitende Anwendung der elektrischen Traktion hat auch der Unfallstatistik neuen Stoff zugeführt. So wird im 9. Jahresbericht des Oberschlesischen Überwachungsvereins[1]) berichtet, daß die mit

Wechselstrom betriebenen, also mit Stromleitung versehenen Grubenbahnen eine unverhältnismäßig größere Anzahl Unfälle aufweisen als die mit Gleichstrom betriebenen. Es wird daher empfohlen, den Wechselstrom für Lokomotivstrecken unter Tage gänzlich zu vermeiden und nur noch mit Gleichstrom zu arbeiten. Der Mangel an Kupferdraht wird zweckmäßig durch Flacheisenschienen und vermehrte Kontaktfläche überwunden. Der zumeist schwache Schienenweg in Gruben verhindert noch oft die Ausdehnung der motorischen Beförderung in Gruben. Es wird daher die Forderung aufgestellt, unter Verwendung der schwachen und schlechten Schienenlage solche Motorfahrzeuge zu bauen, die eine große Adhäsionsstärke mit 500 kg Raddruck besitzen. Dies führt zu vielachsigen Lokomotiven mit genügender Gelenkigkeit und, wenn möglich, zur Ausnutzung der Tenderachse wie beim Akkumulatorenbetrieb, oder der Nutzachsen zum Antrieb. Diesbezügliche Konstruktionen sind in Bearbeitung genommen worden und werden auch zweckmäßig auf kleine Material- und Feldbahnen über Tage übertragen, wenn die gleichen Gleis- und Oberbauverhältnisse vorhanden sind.

Man beobachtet das Wachsen der Lokomotivgrößen und Vergrößerung der Achsenzahl, um leistungsfähigere Lokomotiven zu erhalten. So berichtet Graham Bright[2]) über eine neue Art der Grubenlokomotiven in einer Größe von 24 t. Die Bauart ist entgegen deutschen Konstruktionen sehr luftig angeordnet. Die drei Motoren zu 60 kW Leistung werden dadurch 10% leistungsfähiger, daß das ganze Untergestell durchbrochen gehalten wird und ventilationsfähiger ist gegen die geschützten deutschen Anordnungen. Eine andere starke Akkumulatorenlokomotive beschreibt J. W. Gwinn[3]).

**Elektrische Treidelei.** Die bis jetzt größte Anlage ist am Panamakanal zur Ausführung gekommen.[4]) Die beiden Schleusenufer sind mit Gleisen belegt, auf denen 4 Schlepplokomotiven laufen, die das Schiff mit 4 Diagonalseilen halten und ziehen. Die großen Niveauunterschiede der Ufermauern werden durch Zahnradsteilstrecken überwunden. Die Stromzuführung liegt im seitlichen Schlitzkanal.

**Schiffsantrieb.** Die elektrische Kraftübertragung zwischen der Dampfturbine und den Schiffsschrauben hat durch ihre Leichtigkeit in der Umsteuerung einen weiteren Schritt zur Anwendung und Vervollkommnung zu verzeichnen. Hornor[5]) berichtet über eine Anzahl Hilfsmaschinen und Installationen für diesen Zweck. Eine Maschinenanlage ist auf dem amerikanischen Kriegsschiff California[6]) eingerichtet. Dieser Dreadnaught von 32000 t hat die größte Turbinenanlage; er fährt 22 Knoten, leistet 27000 kW in 2 Turbinen und treibt durch 4 Elektromotoren 4 Schrauben an.

Der schwedische Frachtdampfer Mjölnir[7]), 2225 t Verdrang, erhielt ebenfalls elektrische Kraftübertragung von 400 kW Wechselstrom, 100 Per/s, 500 V. Die mit 30% garantierte Kohlenersparnis gegenüber einem gleichartigen Kolbenmaschinendampfer mit direktem Propellerantrieb ist auf 35% gestiegen.

**Elektrische Lastautomobile.** Abgesehen von den Schwierigkeiten der Kriegszeit, hat der Benzinlastwagen seinen rein städtischen Betrieb aus wirtschaftlichen Gründen dem Elektromobil abgetreten und wird wohl dauernd das Feld räumen müssen, wenn erst das Elektromobil festen Fuß gefaßt hat. Geringe Geschwindigkeit in räumlich begrenzten Strecken ohne längere wesentliche Steigungen bilden das Gebiet des elektrischen Lastwagens, das sich eine größere Anwendung in den nächsten Jahren erringen wird, als es das Personenautomobil vermochte. In Großbritannien[8]) werden die Transport- und Verkehrsmittel für den öffentlichen Dienst in zahlreiche Verwendungsarten als elektrischer Betrieb eingeführt, insbesondere in Ablösung des städtischen Marstalls, des Feuerwehrdienstes und für den Lastverkehr bis zu 6 t Ladung. Die stete Betriebsbereitschaft, die billige Erhaltung und leichte Übersicht der Konstruktion begünstigen neben der Ausnutzung städtischer Elektrizitätswerke die Einführung elektrischer Fahrzeuge.

Über elektrische Feuerspritzen berichtet J. Schmidt[9]).

Das Anspringen der Benzinmotoren wird erleichtert durch den „Genemotor“[10]), einen kleinen Spezialmotor, der unmittelbar an den Zylindern des Explosionsmotors angebracht und elektrisch betrieben wird. Diese Anwendung des Elektromotors tritt an Stelle des oft erprobten teuren Druckluftmotors zum Anlassen; vgl. S. 131.

Elektrische Beleuchtung und Anlasser für Kraftfahrzeuge mit Verbrennungsmotoren beschreibt Albrecht.[11])

**Akkumulatorenlokomotiven.** Für Verschiebedienste und für besondere Zwecke sind Akkumulatorenlokomotiven in zweckmäßiger und wirtschaftlicher Beziehung zur Anwendung gelangt. Die städtische meterspurige Altonaer Industriebahn bewirkte bisher ihren Rollbockverkehr durch die Stadt zu den Fabriken durch Benzinlokomotiven und Straßendampflokomotiven von je 17 t Adhäsionsgewicht. Die städtische Müllverbrennungsanstalt stellte dem Bahnbetriebe billigen Strom zur Verfügung, zu dessen Ausnutzung eine gleichschwere Akkumulatorenlokomotive mit einachsigen Drehgestellen und zwei mittleren Führungsachsen in Betrieb genommen wurde. Die Betriebsergebnisse sind durchaus günstig im Vergleich zu den bisherigen Betriebsmitteln und lassen sich kurz zusammenfassen in größerer Zugkraft, billigerer Unterhaltung, leichterer Führung durch ungeübtes Personal, geräusch- und geruchloses Fahren in der Stadt.

Das Elektrizitätswerk Untra, Schweden[12]), hat an einer 7 t-Lokomotive interessante Betriebsmessungen gemacht. Sie verbrauchte 30,8 Wh/tkm an der Lokomotive gemessen. Bei einem Wirkungsgrad der Batterie von 45,3% ergibt sich als zuzuführende Leistung 68 Wh/tkm. Die Meßzeit erstreckte sich auf 1 Jahr.

Eine Akkumulatoren-Schleppschiffahrtsanlage[13]) wurde auf dem Trent- und Mersey-Kanal eingerichtet. Auf der Kanalsohle liegt ein Zugseil, das über zwei Rollensysteme im Schleppschiff geführt wird. Die Seilrollen werden durch zwei Gleichstrommotoren (300 V, 11 kW) angetrieben.

Die Verwendung der elektrischen Akkumulatoren in Unterseebooten[14]) zum Antrieb bei der Unterwasserfahrt schreitet fort und vergrößert sich mit der Schiffsgröße.

**Fahrzeuge für Fabrikbetrieb.** Das Bedürfnis, in Werkstätten möglichst wenig Raum zu benötigen, um die Güter von Ort zu Ort zu schaffen, hat von Verwendung der kleinen Dampflokomotiven zu elektrischen Gefährten geführt, die stets die Nutzladung selbst aufnehmen können. Auch hierfür ist der Akkumulatorenbetrieb am geeignetsten befunden worden. Eine einfache zweckmäßige Ausführung[15]) kann bei genügendem Adhäsionsgewicht auch den Verschiebedienst für die Fabrik besorgen.

**Verschiebe- und Gepäckdienst auf Postbahnhöfen.** Amerika hat bei seinen hohen Arbeiterlöhnen eher als wir den elektromotorischen Gepäckdienst eingeführt. Die an gleicher Stelle im vorjährigen Bericht erwähnten Transportkarren haben nach Kasten[16]) auch im Postbetriebe Anwendung gefunden. Für den Verschiebedienst haben sich die Erwägungen, ob Dampf oder Elektrizität die geeigneteren Triebkräfte darstellen, zugunsten des letzteren entschieden. Zu erwägen bleibt von Fall zu Fall, ob Oberleitung oder Akkumulatoren zweckmäßiger und wirtschaftlicher ist. Bei einfacher Gleisanlage fällt die Entscheidung zugunsten ersterer aus. Die in Berliner Postbahnhöfen zurückgelegten Wegstrecken sind als recht ansehnliche Leistungen zu betrachten; zwei- und vierachsige Lokomotiven gewöhnlicher Bauart sind hier in Verwendung bei voller Ausnutzung.

**Gleislose Bahnen.** Eine Zusammenfassung neuerer Anlagen und deren Vergleich mit Kleinbahnen bringt Liebmann[17]); er schließt seine Betrachtung mit dem Hinweis, daß Kleinbahn und Landstraße zusammen und nicht getrennt den Verkehr von Ort zu Ort aufnehmen müssen und hierzu berechtigt und befähigt sind.

1) Oberschles. Überwach.-Ver., ETZ 1915, S 432. — 2) G. Bright, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 1615. — 3) J. W. Gwinn (nach Bull. Amer. Inst. Min. Eng.), El. World Bd 65, S 533. — 4) E. Schildhauer, Gen. El. Rev. 1915, S 679. — El. World Bd 65, S 288. — Electr. (Ldn.) Bd 74, S 666, 697. — 5) H. A. Hornor, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 1515. — 6) El. World Bd 66, S 1252. — 7) Kraft, Dingl. Polyt. Jl. Bd 330, S 381. — 8) El. World Bd 66, S 137, 138 (nach El. Rev., Ldn.). — 9) J. Schmidt, Helios Fachz. 1915, S 552. — 10) M. J. Fitch, Gen. El. Rev. 1915, S 384. — 11) Albrecht, Verh. Ver. Gewerbfleiß 1915, S 299. — 12) El. Kraftbetr. 1915, S 43. — 13) Electr. (Ldn.) Bd 75, S 875. — 14) N. H. Wood (nach El. Rev., Ldn.), El. World Bd 65, S 1614. — 15) El. Anz. 1915, S 448. — 16) Kasten, ETZ 1915, S 37, 50, 73. — 17) Liebmann, Z. Kleinbahn 1915, S 1.

---

## Hebezeuge, Transport- und Verladevorrichtungen.

Von Prof. Rud. Krell.

**Verladebrücken und Krane.** Das weitere Wachsen der Anforderungen an die Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit der Verladevorrichtungen läßt sich auf dem ganzen Gebiete des Hebezeugbaues erkennen. Bei den intermittierend fördernden Hebezeugen versucht man dem gerecht zu werden durch Steigerung der Tragfähigkeit des Hebezeuges, nachdem man schon früher bei Geschwindigkeiten für die einzelnen Bewegungen anlangte, welche aus praktischen Gründen nicht mehr wesentlich überschritten werden können. Außerdem strebt man an, den intermittierend fördernden Hebezeugen die Horizontalbewegung der Last tunlichst abzunehmen und an stetig fördernde Vorrichtungen zu übertragen. Mehrfach ist mit Erfolg versucht worden, auch die lotrechte Lastbewegung durch stetig fördernde Vorrichtungen ausführen zu lassen und damit das weniger wirtschaftliche Hebezeug mit intermittierender Förderung ganz zu vermeiden. Die teuere Handarbeit wird überall immer noch weiter eingeschränkt und entweder durch mechanische Arbeit oder durch selbsttätige Vorrichtungen ersetzt.

Von Interesse ist in dieser Richtung die von H. Hermanns[1]) gegebene geschichtliche Entwicklung der Verladevorrichtungen an den großen Seen Nordamerikas. Von 1414 t im Jahre 1855 stieg die Kohlenverschiffung bis auf rd. 17 Mill. t im Jahre 1913. Bis 1876 wurden die Kohlenkübel von Pferden emporgezogen und dann in die Schiffe entleert. 1885 wurden zum ersten Mal selbstfüllende Kübel verwendet. 1888 stellte die Brown Hoisting Machinery Co. vier eiserne Verladebrücken mit Dampfbetrieb auf, nachdem 1883 bereits hölzerne Dampfverladebrücken errichtet worden waren. Gegen 1899 kamen Einseilgreifer von 1 t Inhalt in Gebrauch und 1901 wurde von der eben genannten Firma die erste, ganz elektrisch betriebene Brückenanlage, bestehend aus vier Brücken mit Selbstgreifern von 1,8 t bzw. 2 t Inhalt aufgestellt. Die Brücken arbeiteten mit Gleichstrom und konnten einen Dampfer von 5000 t in 10 Stunden entleeren. 1906 führte die Robins Conveying Belt-Co. einen Gurtförderer für die Kohlenförderung aus und 1907 und 1908 kamen zwei mit Dampf betriebene Hulettsche Entlader der Wellman-Geaver-Morgan-Co. mit 2 t-Greifern in Verwendung. 1909 ist der Kübelinhalt bei einer von Heyl und Patterson gelieferten Brücke bereits auf 5 t gestiegen. Die Brücke wurde mit Drehstrom von 440 V und 25 Per/s betrieben. 1911 sind Greifer von 5,5 t und Hulettsche Greifer von 8 t und 9 t Inhalt im Betrieb. In neuester Zeit ist das Fassungsvermögen solcher und ähnlicher Greifer, wie H. Broughton[2]) berichtet, bis auf 17 t und 20 t gestiegen. An anderer Stelle behandelt Broughton[3]) eingehend eine für schwere Krane mit starken Motoren verwendete Steuerschaltung, bei welcher der Handkontroller indirekt durch Magnetspulen die Anlaßwiderstände schaltet. Es wird die Schaltanordnung für Hub- und Fahrmotoren angegeben. — Die verschiedenartigen Betriebsbedingungen, unter denen Krankontroller zu arbeiten haben, und die Wichtigkeit der Krananlage für den ganzen Betrieb

üben einen Einfluß auf den Bau der Kontroller aus. Die dabei maßgebenden Gesichtspunkte werden von W. T. Snyder[4]) und auch von G. E. Stoltz und W. O. Lum[5]), sowie A. Simon[6]) erörtert. Im Juli 1914 wurde der Kohlenfrachtdampfer Huron[7]) (8000 t) mit eigener Entladevorrichtung in Betrieb genommen. Der Laderaum besteht aus zwei längsschiff liegenden Trichterrinnen, unter welchen zwei wagrechte Förderbänder angeordnet sind, die in einen Querbunker des Vorderschiffes ausschütten können. Von hier aus wird die Kohle von einem feststehenden Schrägband auf ein um einen Ausleger schwenkbares Schrägband gefördert, welches das Gut bis zu einer Höhe von 16 m über dem Wasserspiegel 20,5 m landeinwärts absetzen kann. — In Cristobal auf der atlantischen Seite des Panamakanals sollen 485000 t Kohlen gelagert werden zur Befriedigung der Bedürfnisse von Eisenbahn, Handelsschiffahrt, Marine und Heer. Zur Verladung der gelagerten Kohle in die Schiffe dienen vier Fördertürme mit Förderbändern[8]) von je bis 600 t/h Leistung. Für den Betrieb der Brücken wird Drehstrom von 2300 V für Kraftzwecke auf 400 V und für Lichtzwecke auf 110 V umgeformt. — H. Herzog[9]) beschreibt eine auf der Südsee-Insel Angaur errichtete Gurtförderanlage zur Verschiffung von Phosphat. Die größte Förderlänge der aus zwei festen und einem beweglichen Gurtförderer bestehenden Anlage beträgt 430 m. Die Fördergurte besitzen eine Breite von 900 mm. Die Leistung kann von 450 t/h bis auf 500 t/h gesteigert werden. Die erforderliche Energie liefert ein Rohölmotor von 150 kW Leistung, der eine Gleichstrom-Nebenschlußdynamo von 125 kW und 440 V treibt. Von den Motoren der drei Gurtförderer haben zwei 17 und einer 35 kW Dauerleistung. Während der Förderung wird das Phosphat um 16,5 m gehoben und durch zwei 21 m lange Teleskoprohre in das Schiff verladen, ohne daß dieses verholt werden müßte. — Eine für die elektrische Zentrale Hackney[10]) gebaute, feststehende, elektrisch betriebene Verladebrücke mit 40 t Stundenleistung für den Asche- und Kohlentransport besitzt zwei auf nebeneinander liegenden Gleisen laufende Hängebahnlaufkatzen mit Führerbegleitung. Die Anordnung kann als eine Annäherung an den Hängebahnbetrieb betrachtet werden. Bei der kleinen Bahnlänge von rd. 60 m ist der verwendete Pendelbetrieb gegenüber dem Ringbetrieb bei Hängebahnen nur wenig im Nachteil.

Die Parallelführung von fahrbaren Verladebrücken, welche für gewöhnlich durch Verbindung der angetriebenen Laufräder beider Brückenfüße mittels einer durchgehenden Transmissionswelle erreicht wird, ist bei größeren Spannweiten auf mechanisch-elektrischem oder auch rein elektrischem Wege durchgeführt worden. F. Wintermeyer[11]) bespricht die verschiedenen Bauweisen. Die an den beiden Brückenfüßen getrennt angebrachten Fahrwerksmotoren treiben je durch eine leichte Transmissionswelle ein Differentialgetriebe an und wirken durch dasselbe derart auf einen Regler, daß bei Tourenungleichheit der beiden Motoren vor die Erregerwicklung des einen Motors Widerstand angeschaltet und von der Erregerwicklung des anderen Motors abgeschaltet wird. Statt mechanischer Verbindung der beiden Fahrmotoren mit dem Differentialgetriebe kann auch eine elektrische Verbindung erfolgen. Die mit Gleichstrom arbeitenden Motoren sind in diesem Falle gleichzeitig als Drehstromumformer für die Drehstrom-Hilfsmotoren auszubilden, durch welche das Differentialgetriebe angetrieben wird. Der Gefahr eines Eckens der Verladebrücke für den Fall, daß der eine Motor stromlos wird, während der andere noch weiter arbeitet, kann durch besondere Sicherheitsschaltung begegnet werden. Diese besteht darin, daß der zu dem ersten Motor gehörende Bremsmagnet in den Stromkreis des zweiten Motors geschaltet wird und umgekehrt. Der bei Versagen des einen Motors weiter arbeitende andere Motor wird dann abgebremst, überlastet und entweder der Maximalausschalter ausgeworfen oder die Sicherung durchgebrannt. Statt dieser indirekten Einwirkung auf die Ausschalter der Motoren können die Bremsmagnete in direkte Verbindung mit den Ausschaltern gebracht werden, wobei das Wiedereinschalten der Motoren durch besondere Schaltung zu ermöglichen ist. Von der Deutschen Maschinenfabrik A.-G. wurden

in solchen Fällen auch schon Drehstrommotoren in Kaskadenschaltung hintereinander geschaltet verwendet. Eine Störung in dem einen Stromkreis setzt gleich sämtliche Motoren still.

Eine größere Kohlenverladeanlage, welche mit Einphasen-Déri-Repulsionsmotoren von BBC[12]) betrieben wird, ist im Osthafen von Frankfurt a. M. ausgeführt. Sie besteht aus 22 Portalkranen der Deutschen Maschinenfabrik A.-G. und einer Verladebrücke der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A.-G. Bei den in bezug auf den Führerstand beweglichen Motoren kann die Steuerung durch Vierkantwelle, Profilschiene, Steuerseilscheibe oder durch einen Steuermotor bewerkstelligt werden. — L. Feigl[13]) bespricht zwei elektrisch betriebene, außergewöhnlich gebaute Verladebrückenkonstruktionen. Eine Erz- und Kalkstein-Verladebrücke für das Röhrenwalzwerk A. Hahn in Oderberg mit der selten großen, durch örtliche Verhältnisse bedingten Seitenverschiebung von 30° der einen Brückenstütze gegen die andere. Ferner eine auf dem Donaulandungsplatz Wien-Praterkai befindliche Bauart, bei welcher der Brückenträger dreieckige Querschnittsform besitzt und einen Reiterdrehkran trägt. Erzielung eines möglichst geringen Brückeneigengewichtes und Standfestigkeitserwägungen für den Drehkran haben zu der Formgebung veranlaßt. Die Brücke wird mit Drehstrom von 220 V und 48 Per/s gespeist und besitzt einen Fahrmotor von 34 kW Leistung, der beide Brückenstützen vermittels einer durchgehenden Rohrwelle antreibt.

**Drahtseilbahnen und Hängebahnen.** Während für kürzere Entfernungen Transportbänder, Förderrinnen, Förderschnecken und Becherwerke als stetig fördernde Vorrichtungen verwendet werden, kommen bei größeren Entfernungen die Hängebahnen und Drahtseilbahnen in Betracht. Die vielen Vorzüge, die diesen beiden Beförderungsmitteln eigen sind, haben ihre Verbreitung immer umfangreicher gestaltet. — H. Wettich[14]) bespricht und vergleicht die verschiedenen Schwebebahnkonstruktionen und gibt an, daß die Drahtseilbahn bei Förderlängen unter 300 m und kleinen Leistungen (60 t/h) teurer als die Elektrohängebahn arbeitet. Von 300 m und über 60 t/h Leistung an wird dagegen der Drahtseilbahnbetrieb im allgemeinen billiger. Nach v. Hanffstengel wird dann noch berichtet, daß die Kosten für die Förderung von Kohle bei Elektrohängebahnen, die mit einem Kran die Kohle auf Höhe bringen, bei 150 m Uferentfernung und 50 m langem Lagerschuppen für 30000 t Jahresleistung gleich werden mit den Kosten bei Förderung der Kohle auf einer Elektrohängebahn mit Windwerkwagen. Bei größerer Jahresleistung wird der Elektrohängebahnbetrieb mit Windwerkwagen teurer, bei kleinerer Leistung billiger als der Elektrohängebahnbetrieb mit Kran. — Fischer[15]) behandelt eingehend den günstigen Einfluß der Kabelkrane, Drahtseil- und Elektrohängebahnen auf die Erschließung des Hinterlandes bei Hafenanlagen. — P. Stephan[16]) teilt mit, daß die von Bleichert & Co. auf dem Hüttenwerk der Gebrüder Stumm in Neunkirchen errichtete Elektrohängebahn mit Seilbahnstrecke zur Bedienung unter den Erz- und Kalksteintaschen, auf den Aufstellungsgleisen und oben auf den Hochofengichten zur Entleerung im ganzen nur 16 Arbeiter in der Schicht benötigt, gegen 78 Arbeiter bei vorher betriebener Handmöllerung und Vertikalaufzügen. Die richtige Schaltung der Elektrohängebahnwagen, deren Motoren ohne Anlaßwiderstände ein- und ausgeschaltet werden, bewerkstelligt Bleichert auf mechanischem Wege, während die AEG und die SSW elektromagnetische Umschaltung anwenden. — Auch in Zuckerfabriken[17]) hat die Einführung der Schwebebahnen überall bedeutende Ersparnisse eingebracht.

W. Heinold[18]) beschreibt eine neue Kuppelung für Seilbahnwagen der Seilbahn G. m. b. H., Dortmund, mit kombinierter Eigen- und Schlaggewichtswirkung, wodurch der Kupplungskraft die jeweils erforderliche Größe gegeben werden kann, so daß das Förderseil möglichst geschont wird.

**Stapelelevatoren.** Bei der mechanischen Stapelung von Säcken, Ballen, Ölkuchen u. dgl. in Lagerschuppen sind sehr mannigfache Verhältnisse zu berücksichtigen, die die Konstruktion wirtschaftlich arbeitender Vorrichtungen er-

schweren. G. v. Hanffstengel[19]) zeigt, wie unter Anwendung elektrisch angetriebener, fahrbarer Förderbänder und -Ketten von G. Luther A.-G. und Dinglinger auf diesem Gebiete Fortschritte erzielt wurden, die solche Vorrichtungen bei Stapelhöhen von 3 bis 4 m an, wenn es sich nicht um sehr seltene Bewegung und nicht zu geringe Mengen handelt, bereits vorteilhaft verwenden lassen.

G. Luther A.-G. verwendet für die Stapelung von Säcken u. dgl. einen Elevator, der die Säcke auf ein Förderband gibt, von dem aus sie durch Abwurfwagen auf eine drehbare Wenderutsche und von hier auf einen beweglichen Schurrenausleger oder einen Ausleger mit Bandförderer gelangen und an der Lagerungsstelle abgesetzt werden.

**Verschiedene Hebe- und Verladevorrichtungen.** H. Hermanns[20]) und H. Friedmann[21]) besprechen die Hebe- und Transportmittel in Werkstätten. Letzterer beschreibt eine elektrisch betriebene Hängebahn mit Windwerkswagen. Die Wagen können die Weichen, die keine beweglichen Teile besitzen, nach Belieben des mitfahrenden Führers durchlaufen, und ein Entgleisen ist ausgeschlossen. Die von der Shaw El. Crane Co. gebauten Wagen werden mit Hubmotoren von 3,7 bis 13 kW und Fahrmotoren von 2 bis 9 kW ausgerüstet.

Die Mastendrehkrane[22]) für Bauzwecke werden besonders in Amerika immer weiter ausgebildet, wie die Ausführung von elektrisch betriebenen Kranen von 20 t Tragfähigkeit mit konischem Walzenspurlager zeigt. Der Hubwerksmotor dieser Krane leistet 36 kW. — Die Vermont Marble Co. verwendet in ihren Marmorbrüchen 80 elektrisch betriebene Mastendrehkrane von Tragfähigkeiten bis zu 20 t. J. Liston[23]), der die Krane beschreibt, gibt die Hubmotorleistungen von 18 bis 120 kW an, während die Schwenkmotoren 4,8 kW leisten.

F. Wille[24]) behandelt elektrisch betriebene Vorrichtungen von Gebr. Burgdorf, G. Sauerbrey und Amme, Giesecke & Konegen A.-G., welche die mechanische Verladung von Kalisalzen in gedeckte Eisenbahnwagen bezwecken. Sämtliche Konstruktionen verwenden die Transportschnecke als Fördermittel, die hier bei den äußerst gedrängten Raumverhältnissen gegenüber anderen stetig fördernden Vorrichtungen trotz des schlechteren Wirkungsgrades im Vorteil ist.

Daß auch Preßluft bisweilen noch für den Antrieb von Hebezeugen benutzt wird, zeigt der von S. Ricker[25]) beschriebene Karosserie-Montagekran.

**Aufzüge und Fördermaschinen.** D. Lindquist[26]) führt in einem Berichte aus, daß der elektrische Antrieb bei Aufzügen in Amerika allmählich alle anderen Antriebsarten, auch den hydraulischen, verdrängt. Bei dem am häufigsten gebauten Typ ist der Motor unter Dach angebracht und trägt direkt eine Spilltrommel. Die Aufzugsschale hängt an 6 Seilen aus weichem Stahl von je 15 mm Durchmesser, welche über die Spilltrommel und dann zum Gegengewicht geführt werden. Bei den oft sehr großen Hubhöhen ist ein Gewichtsausgleich der Seile vorgesehen. Die Motoren sind Reihenschlußmotoren mit Kugellagern und etwa 64 Umdr./min. Die Aufzüge werden gewöhnlich für Nutzlasten von 1000 bis 5500 kg und Geschwindigkeiten von 120 bis 230 m/min gebaut. In Hamilton[27]) ist ein elektrisch betriebener Personenschrägaufzug aufgestellt worden, dessen mechanischer Teil von der Lidgerwood Mfg. Co., und dessen elektrischer Teil von der General El. Co. stammt. Die Winde ist mit allen gebräuchlichen Sicherheitsvorrichtungen und mit zwei Gleichstrommotoren zu 130 kW für 500 V bei 475 bis 585 Umdr./min versehen, die gegenseitig als Reserve dienen. Der Strom wird von einem Drehstromnetz für 2200 V, 25 Per/s durch einen Umformer geliefert.

Die von E. Oppenheimer angestellten Untersuchungen über den Wirkungsgrad elektrischer Förderanlagen auf Kalibergwerken, die besonders beachtenswert sind, weil es sich hierbei um Saisonbetriebe handelt, werden von Philippi[28])

zusammenfassend besprochen und die günstigsten Ergebnisse wie folgt zusammengestellt:

bei Ilgnerscher Anlage, 3000 jährliche Betriebsstunden
1,527 kW für 1 Schacht-PS;

bei Batterieumformung und ähnlichen Bedingungen
1,575 kW für 1 Schacht-PS;

bei System Iffland (Steuermaschine mit Dampfantrieb)
1,484 kW für 1 Schacht-PS;

bei Antrieb der Steuerdynamo durch Dampfturbine (ohne Dampfverbrauchsmessungen)
0,915 kW für 1 Schacht-PS.

Auf dem Herkulesschacht der East Rand Proprietary Mines, Transvaal, ist eine elektrisch betriebene Fördermaschine[29]) für 8 t nach dem Ward Leonardschen System aufgestellt worden, deren elektrischer Teil von der British Westinghouse El. and Mfg. Co. geliefert wurde. Die Trommeln der doppeltrümigen Maschine sind konisch mit zylindrischen Enden (3,7 m bzw. 6,4 m Durchmesser) und zusammen auf eine Achse gesetzt, die direkt von zwei Gleichstrommotoren für 500 V und zu je 550 kW Leistung angetrieben wird. Die Förderhöhe beträgt 1480 m. Die Fördergeschwindigkeit ist zu 11 m/s und die Anlaufperiode zu 45,4 s vorgesehen. Es wird eine stündliche Leistung von 160 t erwartet.

R. Brennecke[30]) behandelt die Veränderungen, welche die Sicherheitsvorrichtungen an Hochofenschrägaufzügen infolge des ständigen Anwachsens der Nutzlast (gegenwärtig bis 15 t) erfahren haben. — Wintermeyer[31]) zeigt, wie das Beschicken der Förderkörbe durch verschiedene Einrichtungen auf elektrisch-mechanischem Wege durchgeführt wird.

**Baggermaschinen.** Die im JB 1914, S 110 bereits behandelte Überlegenheit des elektrischen Antriebes bei Kratzeimerbaggern gegenüber dem Dampfantrieb, hat stellenweise auch zu Umbauten[32]) von Dampfbaggern für elektrischen Betrieb geführt. — Für den Bau eines Kanals bei Chicago wurde ein elektrisch betriebener Kratzeimerbagger[33]) nach Lidgerwood mit 2 m³ Fassungsvermögen des Eimers benutzt. Hubwinde und Schleppwinde werden durch je einen ständig laufenden Drehstrominduktionsmotor von 82 kW Leistung bei 690 Umdr./min. (Leerlauf 720 Umdr./min) vermittels Reibungskuppelung und Wendegetriebes angetrieben. Zur Betätigung der Reibungskuppelungen und Bandbremsen dient Druckluft, die von einer Motorluftpumpe für 3,5 kW Leistung erzeugt wird. Der Schwenkmotor leistet normal 38 kW. Die elektrische Ausrüstung ist für 440 V und 60 Per/s gebaut. Die Energie für den Baggerbetrieb wird von einer Hochspannungsleitung für 33 kV durch zweimalige Umformung abgeleitet. Bei 20 h Betrieb am Tage sollen 3200 m³ durchschnittlich bewegt worden sein. — Für die Golfield Consolidated Mines Co. wurde ein elektrisch betriebener Kreisbahn-Kabelkran[34]) von 550 m Spannweite mit Lidgerwoodscher Greiferkatze geliefert. Der fahrbare Bock hat 38 m, der Mittelbock 49 m Höhe. Der verwendete Drehstrommotor leistet 200 kW. — Das USP 1088031 vermeidet bei Schaufelbaggern die Verluste, wie sie bei Löffeln mit Bodenklappe während des Schließens der Klappe eintreten, dadurch, daß der Löffel mit festem Boden durch einen Motor drehbar ausgeführt wird.

[1]) H. Hermanns, El. Kraftbetr. 1915, S 80. — [2]) H. H. Broughton, Electr. (Ldn). Bd 75, S 575. — [3]) H. H. Broughton, Electr. (Ldn.) Bd 74, S 242, 277. — [4]) W. T. Snyder, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 695. — [5]) G. E. Stoltz u. W. O. Lum, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 723. — [6]) A. Simon, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 731. — [7]) Fördertechnik 1915, S 135. — [8]) Engineering News Bd 74, S 254. — [9]) H. Herzog, Z. Ver. D. Ing. 1915, S 904. — [10]) Engineering Bd 99, S 243. — [11]) F. Wintermeyer, Helios Fach- u. Exportz. 1915, S 268. — [12]) Brown, Boveri & Co., El. Masch.-Bau 1915, S 575. — [13]) L. Feigl,

Z. Ver. D. Ing. 1915, S 199. — [14]) H. Wettich, Z. Ver. D. Ing. 1915, S 751. — [15]) Fischer, Fördertechnik 1915, S 41. — [16]) P. Stephan, Helios Fachz. 1915, S 453. — [17]) Fördertechnik 1915, S 47. — [18]) G. W. Heinold, Z. Ver. D. Ing. 1915, S 1049. — [19]) G. v. Hanffstengel, Z. Ver. D. Ing. 1915, S 421. — [20]) H. Hermanns, Z. prakt. Maschb. 1915, S 252. — [21]) H. Friedmann, Dingl. Polyt. Jl. 1915, S 321. — [22]) Engineering News Bd 74, S 1132. — [23]) J. Liston, Gen. El. Rev. 1915, S 1015. — [24]) F. Wille, Fördertechnik 1915, S 97. — [25]) S. Ricker, Z. prakt. Maschb. 1915, S 361. — [26]) D. Lindquist, El. Masch.-Bau 1915, S 490 (nach Jl. Am. Soc. Mech. Eng.). — [27]) Engineering News Bd 74, S 49. — [28]) Philippi, ETZ 1915, S 512. — [29]) Engineering Bd 99, S 318, 375. — [30]) R. Brennecke, Stahl u. Eisen 1915, S 1169. — [31]) Wintermeyer, El. Masch.-Bau 1915, S 621. — [32]) El. World Bd 65, S 671. — [33]) El. Kraftbetr. 1915, S 114. — [34]) Engineering News Bd 74, S 753.

---

## Maschinenantriebe in Fabriken, Pumpen, Werkzeugmaschinen und elektrische Werkzeuge. Landwirtschaftliche Betriebe.

Von Privatdozent Dr.-Ing. A. Brückmann.

### Maschinenantriebe.

Die Anwendung des Elektromotors erstreckt sich bei seiner weitgehenden Anpassungsfähigkeit auch im Kriege auf große Gebiete. Er hilft sowohl im Inland den Mangel an Arbeitskräften zu überwinden und dient zum Betrieb von Werkzeugmaschinen zur Geschoßherstellung, als auch wird er von den Truppen selbst unmittelbar in den Kampfgebieten zu Dienstleistungen aller Art herangezogen.

**Pumpen und Wasserhaltungen.** Weitgehende Anwendung findet der Elektromotor beim Betrieb des Panamakanals[1]) (JB 1914, S 113), insbesondere der Schleusenanlagen. Bereits beim Bau des Kanals fanden große Betonmischmaschinen Aufstellung, die erforderlich waren, um die Geländeschwierigkeiten und die großen Baustoffmengen zu bewältigen. In diesen Anlagen erfolgt die Massenbewegung durch eine selbsttätige elektrische Bahn von 1,6 km Länge, mit Leistungsrückgewinnung bei der Rückfahrt der leeren Wagen. Ein Dampfkraftwerk liefert Drehstrom von 25 Per/s bei einer Spannung von 2200 V. Das Wasserkraftwerk an der Gatunschleuse, wegen geringerer Anlagekosten, jedoch unter Verlust von 2,3 m Gefälle (im ganzen 26 m Gefälle) unmittelbar am Wasser errichtet, erzeugt in drei Einheiten 6000 kW und ist für einen Ausbau auf die doppelte Leistung vorgesehen. Die Kraftverteilung erfolgt oberirdisch mit einer Spannung von 44 kV. Bemerkenswert ist die naturgetreue Nachbildung der Schleusenanlagen im Schalthaus, durch die der Betriebszustand der Schleuse stets übersichtlich zu erkennen ist und die Bedienung der Schleusen und Tore wesentlich erleichtert wird. Ein Schwimmkasten[2]) von 36 m Länge, 11 m Tiefgang und 22 m Gesamthöhe dient zum Abschluß der Schleusenkammern bei Ausbesserungsarbeiten an den Toren oder im Kanalbett. — Die Anwendung elektrischer Pumpenanlagen zur Verbesserung der Bewässerungsverhältnisse großer Gebiete gelangte zu weiterer Ausdehnung (vgl. JB 1914, S 112). So arbeiten beispielsweise im „regenarmen Land", einem Gebiet Südkaliforniens[3]), in dem jährlich nur 36 cm Regen niedergehen und das von April bis Oktober fast ohne Niederschläge bleibt, zurzeit nach 18jähriger Entwicklung 1550 Motoren mit rd. 34000 kW Leistung, bei einer Durchschnittsleistung von 22 kW für den Motor. Seitens der südkalifornischen Edison-Gesellschaft wird das Wasser 13 bis 35 m hoch gehoben und zu sechs verschiedenen Preisbedingungen nach Wahl an die Farmer verteilt. Bei derartigen Anlagen haben sich die Beteiligten auch zu Wassergenossenschaften zusammengeschlossen, doch sind einzelne Pumpanlagen, deren Betrieb je nach Bedarf der Pflanzung möglich ist, vorzuziehen. — An der Küste des Stillen Ozeans[4]) sind solche Bewässerungsanlagen in großem

Umfang mit Erfolg in Betrieb. So besitzt beispielsweise die Patterson Farm allein fünf getrennte Pumpanlagen von insgesamt 1250 kW Leistung. Die Kosten stellen sich auf 2,5 bis 5 Pf für die kWh; der geringste Anschlußwert beläuft sich auf 44 M für das kW im Jahr. Wird die Bewässerungsanlage für Reispflanzungen benutzt, so tritt neben dem Vorteil der günstigen Belastung des Werkes durch die Pumpen im Sommer und tagsüber der weitere Vorteil hinzu, daß nach der Ernte von den Reismühlen elektrische Kraft in Anspruch genommen wird. Von Vorteil für den Verbraucher ist die Anlage eines Sammelteiches, den eine Pumpe entsprechend geringerer Leistung 24 h dauernd speist, während die eigentliche Bewässerungszeit sich nur auf höchstens 10 h am Tag erstreckt. Die Verteilungsspannung liegt je nach den örtlichen Verhältnissen zwischen 10 und 60 kV. Meist wird zur Krafterzeugung eine günstig gelegene Wasserkraft ausgenutzt, so daß Betriebs- und Anlagekosten sich niedrig stellen. Die Anlagekosten des Kraftwerks des größten Bewässerungsunternehmens South Side in Idaho[5]), das eine Leistung von 7500 kW auf 20 km überträgt, belaufen sich auf rd. 4 Mill. M für Pumpanlage, Kraftwerk und Netz; die jährliche Abgabe beträgt 25 Mill. kWh bei rd. 5 Pf Erzeugungskosten. Während zu Beginn der Entwicklung der Be- und Entwässerungsanlagen vor allem der Ölmotor verwandt wurde, ist dieser heute fast vollkommen durch den Elektromotor ersetzt.[6])

Elektrisch betriebene Feuerspritzen und Feuerwehrfahrzeuge[7]) erfreuen sich steigender Beliebtheit. Für kleine fahrbare Handpumpen mit 110 l/min bei 15 m Höhe, wie sie für kleinere Gemeinden und größere Werkstätten in Frage kommen, bis zu den Hochleistungspumpen der Berufsfeuerwehren großer Städte hat sich der elektrische Betrieb als den an Betriebsbereitschaft und Betriebssicherheit unerläßlichen Forderungen dem Verbrennungsmotor und dem Dampfbetrieb ebenbürtig, ja sogar überlegen gezeigt. Je nach dem Gelände und der Ausdehnung des Wirkungsbereiches kommen Fahrzeuge mit Batteriebetrieb, meist Eisen-Nickelzellen, für flaches Gelände und beschränkte Fahrtstrecke neben benzin-elektrischem Betrieb für gebirgiges Gelände und große Reichweiten in Anwendung. Der Vorzug wird allgemein dem Radnabenmotor in verschiedener Anordnung gegeben. Meist genügt der Antrieb der beiden Vorder- oder Hinterräder; für besonders schweres Gelände wird jedoch auch der Antrieb aller vier Räder durch Radnabenmotoren ausgeführt. So lieferte die Nürnberger Feuerlöschgeräte- und Maschinenfabrik Karl Schneider vorm. Justus Christian Braun einen Wagen für Konstantinopel mit vier Radnabenmotoren von je 11,5 kW.

Für Entleerung von Ausbesserungskammern für Schiffe wurde in England ein Drehstrommotor mit Pumpe von 550 kW[8]) derart ausgebildet, daß er sich selbsttätig nach Stillsetzen nach außen hin abdichtet, so daß er Witterungseinflüssen nicht unterworfen ist. Wie außerordentlich einfach sich der elektrische Betrieb in der Bedienung von Hafen-, Schleusen- und Brückenanlagen gestalten läßt, zeigt die Ausführung einer Drehbrücke in Glasgow[9]), bei der die Regelung des Verkehrs auf der Brücke wie auf dem Wasserweg von einem einzigen Mann von einer Stelle aus überwacht und geleitet wird.

Für Wasserhaltungen unter Tage kommt fast ausschließlich der elektrische Antrieb in Frage, der gegenüber dem Dampfbetrieb nicht nur wegen der auch bei Stillstand unvermeidlichen Kondensationsverluste in der Rohrleitung, sondern auch deshalb im Vorteil ist, weil die Wärmeabgabe an die umgebende Luft wesentlich geringer gehalten werden kann. Der Zusammenbau mit der Pumpe[10, 11]) erfolgt meist unmittelbar, als Antriebsmotor kommt fast nur der langsam laufende Drehstrommotor mit Kurzschluß- oder Phasenanker in Frage. Die Gehäuse werden dabei meist groß und schwer, so daß besonderes Gewicht auf Vermeiden von Durchbiegungen gelegt werden muß; sie werden von der Elektrotechnischen Fabrik Max Schorch in Rheydt deshalb unter Einwirkung des Eigengewichtes auf ihren Füßen stehend ausgedreht. Um die Überwachung und Auswechselung schadhaft gewordener Spulen zu erleichtern, werden die Gehäuse drehbar in der Grube angeordnet. Die Teilung der Motoren muß in Rücksicht

auf den Schachtdurchmesser und die Nutzlast der Fördereinrichtung erfolgen, wobei besondere Sorgfalt auf gutes Passen der Stoßfugen gelegt werden muß.

**Fächer und Gebläse.** Die Lufterneuerung durch künstlichen Luftstrom wird nach R. Schumann[12]) bei Tunnelbauten wegen ungünstiger Steigungs- oder Windverhältnisse häufig erforderlich. Die Schwierigkeit, den Zugverkehr unabhängig von der Lüftungseinrichtung zu machen, ist von Sacardo durch die Anwendung einer den Tunnelquerschnitt ringförmig umgebenden Druckluftkammer mit ebenfalls ringförmiger Austrittsdüse umgangen. Diese Anordnung hat bei den beiden künstlich bewetterten Tunnels der insgesamt 16 Durchbrüche aufweisenden Tauernbahn Verwendung gefunden. Der größere der beiden, der Tauerntunnel von 8,55 km Länge wird durch Wasserkraft aus der Mallnitz von 150 m Gefälle und 1200 bis 1500 l/s aus zwei Lüftern, die in Leonardschaltung durch Gleichstrommotoren von 500 kW Leistung mit regelbarer Geschwindigkeit angetrieben werden, gespeist. Es ist dies die zurzeit größte Lüftungsanlage mit 16000 $m^3$/min Luftförderung. Die Lüfter für den kleineren Dössentunnel werden von Drehstrom-Kollektormotoren mit Zwischentransformator von je 150 kW Höchstleistung bei 70 bis 200 Umdr./min angetrieben. Bei dieser Anlage ist von einer Durchführung des Ringkanals unter dem Gleise mit Erfolg abgesehen und so der kostspielige Brückenbau für das Gleise erspart. — Eine Ausdehnung der Betriebszeit der in den Vereinigten Staaten in den Sommermonaten vielfach verwandten Fächer wird nach Versuchen von Gumaer[13]) dadurch möglich, daß die Fächer an besonders kalten Tagen zur Erhöhung der Wärmemitführung durch gesteigerte Luftbewegung am Heizkörper aufgestellt werden. Auch bei Luftheizung läßt sich eine bessere Ausnutzung der Heizung durch Anordnung eines Fächers im Kaltluftschacht erzielen. Neben kürzerer Anheizzeit besitzt das Verfahren den Vorzug der Billigkeit, da die Betriebskosten durch die Kohlenersparnis, die je nach der Außentemperatur 6 bis 8% beträgt, aufgewogen werden.

**Eis- und Kühlanlagen.** Von BBC wird die technisch sehr gut durchgebildete Kältemaschine nach Audiffren-Singrün[14]) in verschiedenen Größen auf den Markt gebracht. Je nach Größe und Anordnung kann sie für Haushaltungen, Gasthöfe u. dgl. in Form von Kühlschränken oder für größere Kühlräume in Verbindung mit einer Kühlrohranlage und zur Kunsteiserzeugung Verwendung finden. Um Stopfbüchsen an den Wellendurchführungen von Kältemaschinen zu vermeiden, läßt sich der Anker des antreibenden Drehstrommotors innerhalb des Druckraumes nach außen hin durch eine im Luftspalt angeordnete Hülse aus magnetisch und elektrisch schlecht leitendem Rohstoff gasdicht abschließen.[15]) Auf die gleiche Weise läßt sich unter Anwendung einer gasdicht schließenden elektromagnetischen Kuppelung ein Motor gewöhnlicher Bauart verwenden. Für den abdichtenden Teil kommt 13% Manganstahl oder Mangannickelstahl mit 6% Mangan und 14 bis 24% Nickel in Frage.

**Metallbearbeitung.** Zum Fräsen von Innengewinden, wie sie für Geschoßherstellung vorkommen, dient eine von H. König[16]) beschriebene vollständig selbsttätig arbeitende Werkzeugmaschine gedrängter Bauart, die von Max Schorch in Rheydt hergestellt und von Th. Westphal, Präzisionswerkzeugmaschinenfabrik Köln, vertrieben wird. Der eingegliederte Zusammenbau des Antriebmotors mit der Werkzeugmaschine[17]) wurde weiter ausgebildet. — Ein Beispiel von sorgfältig durchgebildetem elektrischem Betrieb gibt eine große Schraubenfabrik in Worcester, Mass.[18]) Der Drehstrom gelangt mit 550 V innerhalb des Werkes zur Verteilung. Motoren über 7,5 kW sind mit Phasenkompensatoren ausgerüstet, die Ölschalter für die Motoren sind gruppenweise vereinigt. Ein besonderes Kartenverzeichnis gibt über den Betriebszustand jedes einzelnen Motors sofort Aufschluß, so daß bei Betriebserweiterungen erforderliche Neuaufstellungen oder Ausnutzung nicht vollbelasteter Motoren erleichtert werden. Die Angaben dieses Verzeichnisses werden durch Messungen im Betrieb durch eine besonders angepaßte fahrbare Meßeinrichtung gewonnen. die ohne Zeitverlust an den Sicherungen oder den Schalterklemmen des zu prüfenden Motors angeschlossen werden kann.

**Holzbearbeitung.** Für Großkraftschleifmaschinen mit elektrischem Antrieb wird nach E. Blau[19]) die Regelung des Anpressungsdruckes durch Hilfsmotor und Regelventil bewirkt. Das Drehmoment des nur für eine volle Umdrehung vorgesehenen Hilfsmotors ist abhängig von der Stromstärke bzw. der Belastung des Hauptmotors und wird durch Federn und Gegengewicht ausgeglichen. Sinkt die Belastung des Hauptmotors durch Nachlassen des anpressenden Wasserdruckes, so öffnet der Hilfsmotor das Drosselventil und erhöht den Schleifdruck und umgekehrt. Da auf gleichbleibende Belastung eingestellt wird, bleibt das Netz unabhängig von der Anzahl der im Betrieb befindlichen Schleifstellen frei von Stößen. Ein Beispiel einer Sägemühle mit eigener Krafterzeugung gibt eine große neuzeitliche Anlage in Everett, Wash[20]). Als Brennstoff dient feuchtes Sägemehl; das Kraftwerk enthält eine Turbine von 1000 und eine von 2000 kW für Drehstrom von 600 V, 25 Per/s und einen Gleichstrom-Motorgenerator von 100 kW Leistung. Bemerkenswert ist die elektromagnetische Steuerung der Ventile[21]), der Dampf- und Druckzylinder für Sägegatter u. dgl. Die Rohstoffverschiebung geschieht rein elektrisch und wird von den Arbeitsplätzen aus gesteuert.

**Steinbearbeitung.** Nach Einführung der Glasblasemaschinen findet auch hier der Elektromotor als Antrieb zweckmäßige Verwendung[22]). Während früher Gleichstromantrieb für erforderlich gehalten wurde, gehen nun größere Fabriken zum Drehstromantrieb mit einer zwischen den Grenzen 1 : 2 in 18 Stufen mit Druckknopfsteuerung regelbaren Geschwindigkeit über. Der Kraftbedarf einer Maschine für Einkochgläser beträgt 2 kW bei voller Leistung von 46 Gläsern/min. Die hergestellte Menge läßt sich auf 18 Gläser/min herabsetzen, infolge des erforderlichen 5,5fachen Anlaufsmomentes muß jedoch der Antriebsmotor eine Leistung von 5,5 kW besitzen. Zur Vervielfältigung von Bildhauerarbeiten[23]) dient eine bereits zur Vervielfältigung von Stickereien verwandte Einrichtung eines gemeinsamen Drehbankantriebes nebst Werkzeugführung nach der Storchschnabelanordnung.

**Weberei, Faserstoffaufbereitung.** Zum Antrieb von Ringspinnmaschinen hat der Einphasen-Kollektormotor weitere Verbreitung gefunden; daneben kommt auf besonderen Wunsch auch der Drehstrom-Kollektormotor[24, 25]) zur Anwendung, obwohl ein zwingendes Bedürfnis dazu nur selten vorhanden sein dürfte. Für Webstuhlantrieb behauptet der Drehstrom-Kurzschlußmotor das Feld, der neuerdings vorzugsweise mit Zahnradgetriebe und Rutschkuppelung dem Webstuhl angegliedert wird, wodurch gleichmäßiger Gang gewährleistet und Riemenverschleiß vermieden wird. — Für Fabriken für die Wollaufbereitung[26]) muß die Frage des Einzel- oder Gruppenantriebes sorgfältig erwogen werden. In der Weberei kommt nur Einzelantrieb in Frage, da dort 40% der Stühle ständig stillgesetzt sind, auch Spinnmaschinen und die nur kurze Zeit im Betriebe befindlichen Schleudern erhalten zweckmäßig Einzelantrieb. Für Nähmaschinen in Schneidereien[27]) kommt ein Einzelantrieb von 0,075 kW in Frage, während die schwereren Maschinen der Kleiderfabriken mit je 0,09 bis 0,12 kW betrieben oder in Gruppen zu je 0,75 bis 2,2 kW vereinigt werden.

**Berg- und Hüttenwesen, Walzwerke.** Ausgedehnte Anwendung findet die Elektrizität in den Golderzgruben der Central Mining Rand Mines Group, die 14,5% des gesamten Goldes der Welt fördert. Der jährliche Verbrauch beläuft sich auf 310 Mill. kWh neben 38000 kWh für Druckluftbetriebe. Die Freiheiten für die besondere Elektrizitätslieferungsgesellschaft sind sehr weitgehende, da betriebsmäßig Spannungsschwankungen von $\pm$ 10% und Periodenänderungen von $\pm$ 5% zugelassen werden. Besonders diese letzte Bedingung hat, wie J. H. Rider[28]) mitteilt, zu Unzuträglichkeiten bei den Pochwerken führen müssen, die zur besten Ausnutzung mit einer der Massenträgheit des Stempels angepaßten Höchstgeschwindigkeit laufen müssen. Tritt nun eine nur geringe Überschreitung der Antriebsgeschwindigkeit ein, so trifft der herabfallende Stempel den aufwärtsgehenden Hebedaumen und schlägt ihn ab. Es ist vorgekommen, daß infolge der Frequenzerhöhung sämtliche Pochwerke der angeschlossenen Be-

triebe zerstört wurden. Zur Erzielung eines feinen Kornes wird neuerdings das Erz nur vorgepocht und dann in Kollergängen mit Antriebsmotoren von 110 kW zermahlen. Die Ersparnis an Betriebskosten und Löhnen durch elektrischen Betrieb kann unter bestimmten Verhältnissen zu großen Beträgen anwachsen; so gelang es durch Einführung des elektrischen Betriebes einer Eisenerzgrube[29]) monatlich 6000 M zu ersparen. Die elektrische Förderung[30]) hat weitere Aufnahme gefunden. Die größte Fördermaschine[31]) ist in den Vereinigten Staaten zur Aufstellung gelangt und besitzt 6350 kg Nutzlast bei 1250 (1500) m Teufe. Die Anlage wird von einem Ilgnerumformer betrieben, der Fördermotor entwickelt bei 600 V und 71 Umdr./min vorübergehend 3700 kW.

Der Energieverbrauch von Walzenstraßen war bereits der Gegenstand zahlreicher Untersuchungen, ohne daß man zu einem sicheren Ergebnis gelangen konnte. G. Meyer[32]) fand nach sorgfältigen Zusammenstellungen der bisherigen Veröffentlichungen für Förderanlagen im Mittel 23,2 kg Dampf gegen 1,72 kWh und bei Umkehrstraßen 17,7 kg Dampf gegen 1,4k Wh, so daß mit 1 kWh annähernd das gleiche zu erreichen ist wie mit 13 kg Dampf. Die Steuerapparate für Walzenstraßen und Rollgänge[33, 34]) werden zweckmäßig selbsttätig mit Schützensteuerung ausgebildet, für Schaltwalzenanlasser empfiehlt sich nach J. S. Riggs[35]) die Anwendung von Einheitsformen. Eine große Umkehrstraße mit schnellaufendem Motor gelangte seitens der Atlanta Stahl Co. in den Vereinigten Staaten zur Aufstellung[36]); der mit 257 Umdr./min laufende Induktionsmotor von 1200 kW betreibt über ein in Öl laufendes Pfeilradvorgelege die mit 72 Umdr./min arbeitende Blockstraße. Der Motor ist durch Anordnung von Bruchstücken gegen eine Überlastung über 3000 kW geschützt. Der Antrieb von Walzenstraßen mittels Induktionsmotors[37]) bedarf stets einer besonderen Geschwindigkeitsregelung, da bei Leerlauf ohne Nachregelung des Schlupfwiderstandes die Walzen zu rasch zum Erfassen des Walzgutes laufen würden. Ausgedehnte Anwendung elektrischer Verschiebeanlagen[38]) weisen die österreichischen Trzynietz-Eisenhüttenwerke auf.

**Landwirtschaftliche Betriebe.** Vor allem kommt zurzeit der Antrieb von früher mit Pferden betriebenen Maschinen[39]) für Saatgutgewinnung, Kartoffelauslese, Heugreifer, Futterablader, Milchschleudern und Buttermaschinen[40]) in Frage. Für Molkereien gestattet der elektrische Betrieb vorzügliche Berücksichtigung der gesundheitlichen Gesichtspunkte; so werden in einer von J. L. Wiltse[41]) beschriebenen Molkerei in Brooklyn, N. Y., welche in der Stunde rd. 3000 l Milch verarbeitet, Kühlmaschinen, Umlaufpumpen, Entkeimungsraum, Rührer, Flaschenfüll- und Spülmaschinen elektrisch betrieben und dadurch die Bedienung der Anlage durch einen Ingenieur und 5 Mann bei 800 M (bei gesteigertem Betriebe im Sommer 1600 M) Betriebskosten ermöglicht. Der Antrieb in Getreidemühlen ist wegen der Frage des Gruppenantriebes und der Feuersgefahr wenig in Aufnahme gekommen. Eine neuzeitliche Anlage in Detroit, Mich.[42]) behebt nun diese Schwierigkeiten einmal durch Anwendung von Drehstrommotoren mit Kurzschlußankern und durch Vereinigung eines Satzes zusammengehöriger Aufbereitungsmaschinen zu einem Gruppenantrieb. Sind für einen solchen Maschinensatz mehrere Motoren erforderlich, so sind sie im Ölschaltkasten verriegelt, so daß sie stets gemeinsam ausschalten und nur gleichzeitig wieder in Betrieb gesetzt werden können.

**Sonstige Antriebe.** Eine sehr gute Aufnahme fand der elektrische Antrieb im Druckereigewerbe jeglicher Art[43]). Bemerkenswert ist die Elektrisierung des Papiers[44]) mit hochgespanntem Wechselstrom vor und hinter der Rotationspresse zur Beseitigung der beim Durchgang durch diese entstehenden Reibungselektrizität. Die Leistung der Pressen läßt sich um 10 bis 25% steigern, an Betriebskosten lassen sich erhebliche Beträge ersparen. Als Steuerung kommt fast ausschließlich die vom Aufzugbetrieb bekannte Druckknopfsteuerung in Anwendung mit fünf Kontakten, von denen zwei einen Sicherheitsschalter betätigen, während die übrigen „Halt — Schneller — Langsamer“ bewirken. Der Kraftbedarf beträgt nach W. C. Yates[45]) für Kleindruckereipressen 0,12 bis 1,1 kW,

für Tiegeldruckpressen 1 bis 11 kW mit Geschwindigkeitsregelung, für kleinere Rotationspressen 1,5 bis 11 kW, für Mehrfach-Zeitungspressen 7,5 bis 75 kW mit einem Hilfsmotor zum Einziehen des Papiers von 2,2 bis 18 kW. Die älteste Zeitung in Texas „Dallas News" [46]) besitzt eine mit rd. 300 kW Motorenleistung ausgerüstete Druckerei mit einer stündlichen Erzeugung von 1,2 Mill. Druckseiten bei 12 seitigem Druck. In der Druckerei der New York Times [47]) mit einer stündlichen Herstellung von 372000 mal 24 Druckseiten wird in der Minute eine Tonne Papier verarbeitet. Es ist deshalb eine besondere Einrichtung zum Anhängen neuer Papierrollen, während sich die Presse im Betrieb befindet, vorgesehen. Die Pressen können von 26 Stellen aus bedient werden, sind bei voller Geschwindigkeit in 4 s stillzusetzen und die Papiergeschwindigkeit wird selbsttätig aufgezeichnet.

In der für Heeresbedarf zurzeit wichtigen mechanischen Schuhherstellung[48]) werden Nagelmaschinen, Schäfteformmaschinen, Stanzen, Näh- und Zuschneidemaschinen und Bügeleinrichtungen mit Vorteil elektrisch betrieben. Von dem Zuschneiden der rohen Haut bis zum fertigen Schuh sind 150 verschiedene Arbeitsvorgänge erforderlich[49]), die mit Ausnahme von Dämpfeinrichtungen mit gesättigtem Dampf alle durch Elektrizität ausgeführt werden können.

In der Zahnheilkunde findet in den Vereinigten Staaten der Elektromotor vorbildliche Anwendung. So ist die für 381800 Behandlungen im Jahr bestimmte Kinderzahnklinik des New Forsyth Institute[50]) im Hauptbehandlungssaal mit 62 Stühlen mit je einem Motor von 186 W ausgestattet. Wandanschlüsse sind aus gesundheitlichen Rücksichten vermieden, die Zuleitung geschieht durch den Fußboden, die Steuerung befindet sich im Fuß des Stuhles. Das Töten eines unempfindlich gemachten Nerves erfolgt durch 2,5 bis 3 mA innerhalb einer Minute. Eine Lichtzeicheneinrichtung gestattet es dem behandelnden Arzt, sich mit verschiedenen Stellen der Klinik vom Stuhl aus zu verständigen. An Stelle der gesundheitlich nicht einwandfreien Handtücher wird die elektrische Handtrocknung angewandt. Ein kleines, handliches, elektrisch betriebenes Werkzeug für Zahnheilkunde wird seitens der Shelton El. Co., New York[51]) in den Handel gebracht. Das Gewicht des mit 15000 Umdr./min laufenden, für Gleich- und Wechselstrom verwendbaren Motors von 12 W Verbrauch, beträgt nur 150 g, seine Länge nur 4,5 cm bei 3 cm Durchmesser.

Eine neuartige Vorrichtung zum Antrieb von Drehscheiben[52]) wird von BBC hergestellt, indem auf dem Laufschienenkranz der Drehscheibe eine elektrisch betriebene Vorspannlokomotive von 4 t Gewicht und 4,5 kW Leistung angeordnet wird. In Eisenbahnwerkstätten[53]) werden Sonderwerkzeugmaschinen, wie Weichenzungen-Hobelmaschinen, Achsschenkel-Schleif- und -Drehbänke, Doppelpleuelstangen-Fräsmaschinen mit Vorteil elektrisch betrieben, da sie dadurch unabhängig von der Kraftquelle an einem für den Arbeitsvorgang passend gewählten Ort Aufstellung finden können. Für Steuerapparate von Transportanlagen kommt wegen häufiger Betätigung nach F. Cruse[54]) vorwiegend Schützensteuerung in Frage, wenn nicht die Anwendung des Einphasen-Repulsionsmotors[55]) die Steuerung allein auf Bürstenverstellung beschränkt. Kleinmotoren mit Anschluß an die Lichtleitung finden im Haushalt[56]) zum Betrieb von Saugluftreinigern[57]), Wasch-, Plätt- und Nähmaschinen, im Geschäftsbetrieb für Berechnungs-, Adressen-, Marken-, Klebe- und Stempelmaschinen Verwendung. Zur Vermeidung von Überlastung der Lichtleitung empfiehlt sich der unbelastete Anlauf unter Anwendung einer selbsttätig wirkenden Fliehkraftkuppelung. Schließlich wird zur Verarbeitung von Rohstoffabfällen[58]) mit Vorteil von der Elektrizität Gebrauch gemacht; der Kehricht aus der Dreherei durchläuft den Metallabscheider; Papierabfälle werden durch Fächer an eine Sammelstelle befördert und mit Hilfe der Ballenpresse verpackt, gebrauchte Säcke durch einen elektrisch betriebenen Sackklopfer gereinigt.

[1]) E. Schildhauer, Gen. El. Rev. 1915, S 679. — [2]) L. A. Mason, Gen. El. Rev. 1915, S 210. — [3]) S. M. Kennedy, El. World Bd 65, S 1471. — [4]) El. World Bd 65, S 1399. — [5]) El. World Bd 66, S 68. — [6]) Electr. (Ldn.) Bd 75, S 707. — [7]) J. Schmidt, Helios Fachz. 1915, S 341, 349, 357, 525, 534, 541, 552. — [8]) El. World Bd 66, S 410 (nach Elettr., Mil.). — [9]) El. World Bd 65, S 659 (nach El. Eng., Ldn.). — [10]) H. König, El. Anz. 1915, S 421, 433, 476, 504. — [11]) Engineering Bd 99, S 489. — [12]) R. Schumann, Z. Ver. D. Ing. 1915, S 253, 321. — [13]) P. W. Gumaer, El. World Bd 65, S 229. — [14]) Mitt. BBC 1914, S 81, 107. — [15]) Helios Fachz. 1915, S 483. — [16]) H. König, Helios Fachz. 1915, S 301. — [17]) Mitt. BEW 1915, S 149. — [18]) El. World Bd 65, S 1188. — [19]) E. Blau, El. Masch.-Bau 1915, S 146. — [20]) A. H. Onstad, El. World Bd 66, S 1080. — [21]) G. W. Koehler, Mitt. Ver. EW. 1915, S 93. — [22]) El. World Bd 65, S 171. — [23]) Mitt. BEW 1915, S 24. — [24]) Mitt. BBC 1914, S 164. — [25]) Wintermeyer, El. Anz. 1915, S 529, 543. — [26]) J. F. Crowley, Electr. (Ldn.) Bd 74, S 364. — [27]) Mitt. BEW 1915, S 139. — [28]) J. H. Rider, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 53, 88. — [29]) E. E. Yensel, El. World Bd 66, S 400. — [30]) Mitt. BBC 1915, S 117, 129. — [31]) W. Sykes, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 1819. — [32]) G. Meyer Stahl u. Eisen 1915, S 4, 38, 181. — El. Masch.-Bau 1915, S 213. — [33]) Electr. (Ldn.) Bd 75, S 429. — [34]) Simon, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 2895. — [35]) J. S. Riggs, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 715. — [36]) El. World Bd 66, S 1089. — [37]) W. Wolf, Helios Fachz. 1915, S 432, 437, 445. — [38]) Electr. (Ldn.) Bd 73, S 773. — [39]) Mitt. BEW 1915, S 39. — [40]) Helios Exportz. 1915, S 544. — [41]) J. L. Wiltse, El. World Bd 66, S 363. — [42]) El. World Bd 65, S 105. — [43]) Mitt. BBC 1914, S 101. — [44]) F. Broadbent, Electr. (Ldn.) Bd 74, S 425. — [45]) W. C. Yates, Gen. El. Rev. 1915, S 1136. — [46]) A. C. Scott, El. World Bd 65, S 462. — [47]) El. World Bd 65, S 1627. — [48]) Mitt. BEW 1915, S 60. — [49]) Th. D. Bond, El. World Bd 66, S 88. — [50]) El. World Bd 66, S 202. — [51]) El. World Bd 65, S 563. — [52]) Mitt. BBC 1915, S 9. — [53]) El. Kraftbetr. 1915, S 68. — [54]) F. Cruse, Helios Exportz. 1915, S 333, 349. — [55]) Mitt. BBC 1915, S 89, 120. — [56]) B. Lester, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 385. — [57]) F. Gritzner, Z. Beleucht. 1915, S 114. — [58]) Mitt. BEW 1915, S 136.

---

# VII. Verschiedene mechanische Anwendungen der Elektrizität.

Metallbearbeitung mittels elektrischer Erwärmung. Von Oberingenieur Chr. Krämer, Berlin. — Elektrisches Heizen und Kochen. Von Dipl.-Ing. A. Steinhardt, Berlin. — Elektrische Zündung. Von Dipl.-Ing. A. Steinhardt, Berlin. — Elektrische Regelung. Von Oberingenieur Chr. Krämer, Berlin. — Elektrische Scheidung. Von Direktor Dipl.-Ing. Jul. Bing, Eisenach.

## Metallbearbeitung mittels elektrischer Erwärmung.

Von Oberingenieur Chr. Krämer.

**Lichtbogen- und Widerstandsschweißung.** J. Sauer[1]) gibt in einem mit zahlreichen Abbildungen versehenen Aufsatz einen Überblick über das gesamte Gebiet sowohl der Lichtbogen- als auch der Widerstandsschweißung, der besonders dadurch wertvoll ist, daß ihm ein Literaturnachweis der seit 1887 in der ETZ darüber erschienenen Artikel beigegeben ist. Obwohl der Aufsatz hauptsächlich Fabrikate der AEG behandelt, so verdient er doch weitgehende Beachtung, da er wertvolle Angaben und Schaubilder über Energieverbrauch und Zeitdauer der verschiedensten Schweißarbeiten bringt. Auch das Schneiden von Blechen mittels des Lichtbogens ist erwähnt, sowie die neuesten Fortschritte auf dem Gebiete der Widerstandsschweißung von Messing und Bronze. — Wertvolle Ergänzungen zu diesem Aufsatz bilden zwei weitere Abhandlungen über dasselbe Gebiet, von denen die eine von C. B.

Auel[2]) besonders viele nützliche Winke aus der Praxis der Lichtbogenschweißung gibt, während die zweite von P. Schimpke[3]) hauptsächlich Widerstandsschweißmaschinen von verschiedenen Firmen bringt. Hervorzuheben ist unter den verschiedenen Tabellen besonders eine für elektrische Kettenschweißung und Zerreißproben nach den Vorschriften des Germanischen Lloyds, bei denen bedeutend höhere Festigkeiten als vorgeschrieben erreicht wurden. — Mit der Lichtbogenschweißung zusammenhängende Fragen besonders ihre Vor- und Nachteile behandelt J. F. Lincoln.[4]) Nach Besprechung verschiedener Schwierigkeiten kommt er zu dem Schluß, daß, genügende Geschicklichkeit des Arbeiters vorausgesetzt, alle Arbeiten mit der elektrischen Schweißung ebenso gut, wenn nicht besser ausgeführt werden können, als mit allen übrigen Arten. — Über das Erneuern von Straßenbahnachsen durch Aufschweißen neuer Endringe berichtet A. R. Johnson.[5])

Skinner und Chubb[6]) beschreiben eingehend ihr neues Verfahren zum Schweißen dünner Drähte, bei dem der Ladungsstromstoß eines Kondensators die Schweißung bewirkt. Die Erfinder nennen es „Percussive welding". Eine oszillographisch aufgenommene Schaulinie zeigt den oszillatorischen Verlauf des Stromes von 0,0012 s Dauer. Die Erfinder weisen zum Schluß eines Vortrages über die Herstellung von oxydiertem Aluminiumdraht für Magnetspulen auf die Wichtigkeit obigen Schweißverfahrens zum Verbinden dieser Aluminiumdrähte hin.

Zum Löten von Drahtverbindungen dient ein handlicher Apparat.[7]) Die Sekundärwicklung eines Spartransformators endigt in zwei in einem Handgriff befestigten Karborundumschneiden. Durch Auflegen der Schneiden auf die zu verlötenden Drahtenden wird die erforderliche Lötwärme erzeugt. Da er nur Strom verbraucht, so lange er die Drähte berührt, so arbeitet er im Gegensatz zu anderen elektrischen Lötkolben äußerst sparsam.

Auf eine neue Maschine für fortlaufende Punktschweißung erhielt R. Mack[8]) ein USP 1143220. Bei dieser Maschine drückt eine mit Kurvenscheiben versehene rotierende Achse eine größere Anzahl von Schweißstempeln nacheinander auf die Schweißnaht.

**Elektrisches Schmelzen** von Metallen. Bei den Verhandlungen des Am. Inst. of Metals machten S. H. Clamer und C. Hering[9]) Mitteilungen über ihren neuen Metallschmelzofen. Der Ofen faßt etwa 700 kg und verbraucht 120 kW. Die Versuche zeigten die wesentliche Überlegenheit der elektrischen Metallschmelzung über alle anderen Schmelzverfahren. Bemerkenswert ist, daß sich die Kosten des Schmelzens mit festem Brennstoff bei einem kippbaren Tiegelofen mit Unterwind bzw. mit offener Flamme und bei einem elektrischen Ofen wie 34,6 : 43,2 : 21,1 verhielten.

W. Gillett und M. Lohr[10]) berichten ebendaselbst über Feststellung des Schmelzverlustes von Kupferzinklegierungen. Sie weisen auf die Gefahr des Abbrandes durch Verdampfen des Zinkes bei Legierungen von 30 bis 40% Zink an Hand eines Schaubildes hin. Ferner werden Angaben über die Versuchsergebnisse gemacht von 90 Schmelzungen mit den elektrischen Öfen der verschiedensten Systeme (Wile, Hoskin, Hellberger), die alle außerordentlich günstige Resultate ergeben haben.

**Elektrische Wärmebehandlung.** Ähnlich wie vor 15 Jahren der elektrische Antrieb die Hütten und Walzwerksbetriebe sich eroberte, bemächtigt sich jetzt die elektrische Heizung der Wärmebehandlung der Metalle auf diesem Gebiete. Nach einem Aufsatz von Baily[11]) scheint diese aus dem Versuchsstadium heraus zu sein und verdient die Aufmerksamkeit der Fachwelt. Beschrieben werden Glühöfen für Schmiedezwecke, Vorwärmeöfen für Knüppel, Wärmegruben für Blöcke; bei den Vorwärmeöfen ist besonders auf den Vorteil der Benutzung von Gas und elektrischem Strom zur Heizung hingewiesen, bei der das kalte Material zunächst mit Gas bis zu einer Temperatur vorgewärmt wird, bei der der oxydierende Einfluß der Gase noch unschädlich ist; von da ab wird die Wärme bis zur Walztemperatur elektrisch gesteigert. Den Wirkungs-

grad gibt Baily bei Öfen bis 100 kW Verbrauch zu 50 bis 75%, bei Öfen mit 600 kW zu 90% an. Energieverbrauch und Kostenvergleiche für die Tonne Material und den erzielten Temperaturen werden angegeben. — Bishop[12]) bringt einen Überblick über verschiedene der Wärmebehandlung dienende Öfen, in denen das Material entweder durch direkte Stromleitung oder durch Anwendung von Widerständen oder durch Induktion erwärmt wird. Von der ersteren Art zeigt er einen Apparat, der zum Härten nicht zu langer Stahldrähte dient; die Stahldrähte werden in einem senkrechten Glas- oder Quarzrohr durch Stromdurchgang zum Glühen gebracht, worauf durch Heben eines Quecksilbergefäßes, das durch einen Schlauch mit dem Glasrohr verbunden ist, der Draht abgekühlt wird.

Von der zweiten Art beschreibt er den Vakuumofen nach Arsem, in dem ein Schmelztiegel durch eine Graphitspirale geheizt wird (bei 15 kW Verbrauch bis 3100°), die Muffelöfen nach Art des Ofens von Heräus, den Ofen von Borchers; beim Sosmanschen Ofen ist eine die Einführungselektroden verbindende Karborundumfüllung der Wärmeträger. Während diese Öfen hauptsächlich Prüfraumarbeiten dienen, ist der Baily sche Ofen für Großbetrieb berechnet. Er besteht aus einem gut wärmeisolierten Gewölbeofen bei dem die seitlich eingeführten Elektroden am Boden durch eine Kokslage verbunden sind, wobei die Koksschicht den Wärmeträger bildet. Gespeist wird er durch einen Reguliertransformator. Sodann sind noch die bekannten Härteöfen erwähnt, die mit geschmolzenen Salzen arbeiten. Für die dritte Klasse ist ein Beispiel angeführt, das sich jedoch nur für zylindrische Stahlstücke eignet, welche durch ein magnetisches Joch verbunden werden können; die induzierende Wicklung wird direkt über die Eisenzylinder geschoben. Anwendung: z. B. Erwärmen von Automobilzylindern zum Ausgleich von Gußspannungen. Ebenfalls auf der Induktionswirkung beruht eine sehr brauchbare Einrichtung der Maschinenfabrik Örlikon[13]) zum Erwärmen von Spurkränzen und Ringen zum Aufschrumpfen. Sie besteht aus einem fahrbaren Transformatorgestell, dessen oberes Joch seitlich ausschwenkbar ist. Über den Kern, der die Erregerwicklung trägt, wird der zu erwärmende Ring geschoben. Es ist angegeben, daß zum Erwärmen eines Radkranzes von 120 kg Gewicht auf 146° in 9 min 17,2 kW verbraucht werden. Zum Erwärmen von derartigen Ringen kann auch die Wärmeentwicklung eines gewöhnlichen Schweißtransformators durch direkte Stromleitung verwendet werden.[14])

[1]) J. Sauer, ETZ. 1915, S 564, 580. — [2]) C. B. Auel, Electr. (Ldn.) Bd 76, S 45, 84. — [3]) P. Schimpke, Stahl u. Eisen 1915, S 1274, 1297. — [4]) J. F. Lincoln, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 433. — [5]) A. R. Johnson, El. Rlwy. Jl. Bd 45, S 295. — [6]) C. E. Skinner u. L. W. Chubb, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 5. — Engineering Bd 99, S 706. — [7]) El. World Bd 66, S 657. — [8]) R. Mack, USP 1143220, El. World Bd 65, S 1734. — [9]) S. H. Clamer u. C. Hering, Stahl u. Eisen 1915, S 1006. — [10]) W. Gillett u. M. Lohr, Stahl u. Eisen 1915, S 1007. — [11]) T. F. Baily, Electr. (Ldn.) Bd 76, S 159. — [12]) F. L. Bishop, Electr. (Ldn.) Bd 76, S 158, 189. — [13]) El. Rlwy. Jl. Bd 46, S 960. — [14]) Mitt. BEW 1915, S 86.

## Elektrisches Heizen und Kochen.

Von Dipl.-Ing. A. Steinhardt.

Die stetigen Fortschritte auf dem Gebiet der elektrischen Heiztechnik beruhen auf der Untersuchung der verwendeten Materialien und auf der Erweiterung des Anwendungsgebietes durch Schaffung geeigneter Konstruktionen und Anpassung der Stromtarife an die Verbrauchsapparate.

Das **Widerstandsmaterial** ist vielfach Gegenstand eingehender Untersuchung. So hat die General El. Co.[1]) ein neues Heizmaterial entwickelt in Form eines Manteldrahtes, bei dem die innere Seele aus Widerstandsdraht von einer Iso-

lationsschicht umgeben und durch einen darüber angebrachten Mantel aus Stahl, Kupfer o. dgl. vor Oxydation und Zerstörung bewahrt wird. Die Untersuchung des elektrischen Widerstandes von Eisen[2]) fördert die Herstellung neuen Widerstandsmaterials mit hohem spezifischem Widerstand, wie ihn die Heiztechnik benötigt. Das neue Schoopsche Metallspritzverfahren gibt eine neue Möglichkeit zur Herstellung von platten- und röhrenförmigen Heizelementen[3]) auf einfache Weise, wenn auch bisher längere Erfahrungen hiermit noch nicht vorliegen. Die Verwendung von Kohle[4]) als Widerstandsmaterial stößt auf Schwierigkeiten in bezug auf gute Kontaktgebung und Veränderung des Materials und seines Widerstandes bei höheren Betriebstemperaturen. Auch Karborundum[5]) eignet sich für Heizwiderstände infolge seines hohen negativen Temperaturkoeffizienten und der schon bei 400° eintretenden Zersetzung (Abscheidung von Kieselsäure) kaum.

Die **Wärmeisolierung** ist für viele Heizapparate ausschlaggebend und daher verschiedentlich eingehend studiert worden[6]), ebenso ihr Einfluß auf den Stromverbrauch und Wirkungsgrad bei Brat- und Backöfen[7]) und bei Wärmespeichern.[8])

**Haushaltsapparate.** Die Anwendung elektrischer Heizapparate wird in erster Linie durch Verwendung zuverlässig gebauter Apparate in vorschriftsmäßigen Anlagen bei zweckentsprechender Behandlung gehoben[9]). So betrachtet W. R. Cooper[10]) in einem längeren Vortrag das elektrische Kochen vom Standpunkt des Stromverbrauchers aus und macht viele gute Vorschläge für die Konstruktion und Installation von Kochapparaten im Haushalt, wobei er auch auf die Erdungs- und Schalterfrage sowie die Tariffrage gründlich eingeht; ebenso S. M. Hills[11]). Die Steckerfrage wird auch sonst wiederholt angeschnitten[12]). Über die praktischen Erfahrungen mit dem elektrischen Kochen in einem deutschen Haushalt berichtet ferner R. Niewerth[13]) und gibt den Stromverbrauch für Kopf und Tag bei elektrischer Warmwasserbereitung mit 0,97 bis 1,08 kWh und bei vorhandener Warmwasserversorgung mit 0,6 kWh an, so daß bei einem Strompreis von 0,10 M/kWh und 6 M jährlicher Zählermiete das elektrische Kochen wirtschaftlich wird. Im allgemeinen sind für die Elektrizität im Haushalt die Vorbedingungen in den Vereinigten Staaten von Nordamerika viel günstiger als in Deutschland und England[14]), da dort fast in allen Häusern elektrische Leitungen verlegt sind und die größere Vereinfachung des Haushalts sowie der Dienstbotenmangel die großen Vorteile kleiner elektrischer Haushaltungsapparate wie Tee-, Kaffee- und Eierkocher, Brotröster, Haartrockner, Brennscheren und Bügeleisen viel mehr in Erscheinung treten läßt. In der Universität von Neu-Mexico befindet sich sogar ein größeres Laboratorium mit elektrischen Kocheinrichtungen aller Art[15]), in dem u. a. auch der Stromverbrauch für die verschiedenen Gerichte in praktischen Versuchen von den Studierenden festgestellt wird. Daß aber auch bei uns vielfach auf Vergrößerung des Anwendungsgebietes durch günstige Tarifgestaltung hingearbeitet wird, zeigt beispielsweise der Tarif des Steglitzer Elektrizitätswerks für Bügelstrom[16]). Für kohlenlose Länder wie z. B. Schweiz, Skandinavien, Spanien liegt in der Ausnützung überschüssiger Wasserkräfte[17]) eine große Zukunft für die Verwendung elektrischer Heizapparate.

**Raumheizung.** Eingehende Versuche, die in Amerika[18]) im großen vorgenommen wurden, haben erwiesen, daß bei einem Strompreis von 0,02 M/kWh die elektrische Raumheizung nur 25 bis 40% teurer ist als Kohlenheizung bei einem Kohlenpreis von 25 M/t. Noch günstigere Werte wurden in Idahoe[19]) mit der Koch- und Heizeinrichtung eines ganzen Schulgebäudes erhalten.

Auf **Kriegsschiffen** hat sich das elektrische Kochen und Heizen besonders bewährt, und obgleich aus naheliegenden Gründen die Marinebehörden der europäischen Großmächte die Erfahrungen, die an Bord ihrer Schiffe mit elektrischen Kocheinrichtungen gesammelt werden, geheim halten, so lassen die günstigen Ergebnisse die auf amerikanischen Kriegsschiffen mit der Elektrizität als Wärmequelle[20]) erzielt wurden, eine große Gebietserweiterung der

Heiztechnik nach dieser Seite hin erwarten. Vgl. auch die aus den Schilderungen der Tagespresse[21]) bekannt gewordenen Koch- und Wärmeeinrichtungen auf Torpedo- und Unterseebooten.

In **Laboratorien** sind elektrische Versuchsöfen selten zu entbehren, hierfür werden dauernd neue Konstruktionen zur Erzielung hoher Temperaturen ausgearbeitet.[22])

Für **Wärmespeicher** in Form von Warmwassererzeugern mit Dauerstromanschluß gibt O. Hasler [23]) eine neue Schaltung an: es wird die Umschaltuhr von zentralisierten Doppeltarifanlagen als Sperrschalter für den Wärmespeicher verwendet.

**Industrie und Landwirtschaft.** Als Heizquelle findet die Elektrizität in der Industrie immer häufigere Anwendung[24]); auch für Brutapparate kommt sie in der Landwirtschaft vielfach in Betracht.[25])

[1]) Gen. El. Rev. Bd 18, S 533. — ETZ 1915, S 528. — [2]) Bull. Bur. Stand. Bd 11, S 457. — ETZ 1915, S 682. — [3]) Lach, ETZ 1915, S 270. — [4]) C. W. Piper, El. World Bd 66, S 134. — [5]) H. Lux, ETZ 1915, S 320. — [6]) A. E. Kennelly, F. D. Everett u. A. A. Prior, El. World Bd 65, S 779. — [7]) P. W. Gulmaer, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 320. — [8]) Ad. Rittershaussen, ETZ 1915, S 300. — [9]) H. Büggeln, ETZ 1915, S 473. — [10]) W. R. Cooper, Electr. (Ldn.) Bd 74, S 768, 815, 862; Bd 75, S 22, 57. — [11]) S. M. Hills, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 64. — [12]) Electr. (Ldn.) Bd 74, S 779. — ETZ 1915, S 416. — [13]) R. Niewerth, ETZ 1915, S 377. — [14]) ETZ 1915, S 358. — [15]) H. W. Alexander, El. World Bd 65, S 232. — [16]) ETZ 1915, S 473. — [17]) Wyßling, Schweiz. Bauztg. Bd 65, S 206. — [18]) ETZ 1915, S 128. — [19]) A. Steinhardt, El. Kraftbetr. 1915, S 68. — [20]) H. L. Manger, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S 693. — ETZ 1915, S 599. — [21]) B. Z. am Mittag v. 27. XII. 1915. — [22]) G. Oesterheld, ETZ 1915, S 627. — [23]) O. Hasler, Bull. Schweiz. EV 1915, S 217. — [24]) Mitt. BEW 1915, S 124, 132, 156. — [25]) Mitt. BEW 1915, S 74.

---

## Elektrische Zündung.

Von Dipl.-Ing. A. Steinhardt.

**Verbrennungsmotoren.** Das Gebiet der elektrischen Zündung des Gasgemisches in Explosionsmotoren, wo die Elektrizität nach und nach alle anderen Zündungssysteme völlig verdrängt hat, weist auch in den letzten Jahren stetig wachsende Fortschritte auf, die meist auf der Verbesserung einzelner Elemente beruhen und fast alle aus dem Patentregister zu ersehen sind. So werden u. a. neue Zündzeitenversteller beschrieben[1]) und Zündmaschinen für V-Motoren[2]), oder beispielsweise die Haltbarkeit der eisernen Zündstifte durch Überziehen mit Nickel erhöht[3]). Über Zündung und Anlassen der Motoren für Benzinfahrzeuge berichtet F. Conrad[4]) und behandelt die Verwendung von Induktionsspulen zur Zündung, die von dem Lichtstromkreis mit konstanter Spannung gespeist werden. Vermittelst eines veränderlichen Kontaktunterbrechers kann der Zündungsfunke auf maximale Stromstärke eingestellt werden. — Das Anlassen des Motors erfolgt mit Hilfe der Lichtdynamo, die als Motor geschaltet durch eine Gleitkuppelung mit dem Benzinmotor verbunden werden kann. — Die Zündfähigkeit von Kohlengas und Methan mit Gleichstrom- und Wechselstromfunken untersucht W. M. Thornton[5]) und beobachtet hierbei auch den Einfluß, den die Periodenzahl des Wechselstroms und die Zusammensetzung des Gasgemisches auf den Zündfunken hat.

**Leuchtgas.** Die Zahl der Erfindungen und Konstruktionen auf dem Gebiet der elektrischen Gasanzünder (für Beleuchtungskörper) ist groß. Dies Kapitel[6]) kann im wesentlichen in drei Abschnitte zerlegt werden: 1. Zündung durch dauernd brennende Zündflammen und elektrische Steuerung des Gashahns. 2. Zündung durch elektrisch erhitzten Glühdraht. 3. Zündung durch Funken, die das Gas durchschlagen. In jedem einzelnen Abschnitt sind Verbesserungen des bestehenden zu verzeichnen.

**Minenzündung.** Dieses große und wichtige Gebiet ist von mehreren Seiten aus bearbeitet worden, wobei sich naturgemäß die Berichte nur auf „Friedensminen", wie sie im Bergbau und Tunnelbau benötigt werden, beschränken, und die Land- und Seeminen, die im Kriege eine so überaus wichtige Rolle spielen, unerörtert bleiben. So stellt Edwards[7]) fest, daß Erdströme häufig die Ursache vorzeitiger und ungewünschter Explosionen sind, indem durch blanke Teile der Zündleitungen vagabundierende Erdströme unter Funkenerscheinungen kurzgeschlossen werden. Hierbei wurden Spannungen bis zu 15 V gemessen. Als Gegenmittel hierfür hat beste Isolierung der Zündleitungen und Zündnadeln zu gelten.

Eine neue Prüfvorrichtung für Minen und Zündleitungen beschreibt Dobbelstein.[8]) Vermittelst einer sehr handlichen Vorrichtung wird der Widerstand der Zündleitung (durch eine Wheatstonesche Brücke mit Prüftrockenelementen) festgestellt und die Zündbatterie auf ihre Leistungsfähigkeit (mit Strom- und Spannungsmesser) untersucht. — Antoulaieff[9]) bespricht die Stromquellen und Leitungsverhältnisse bei Unterseeminen.

**Zigarrenanzünder** werden in mehr oder minder geschmackvoller Ausführung[10]) heute von den verschiedensten Fabriken in großer Anzahl hergestellt.

[1]) DRP 254601; El. Masch.-Bau 1913, S 715. — [2]) ÖP (1913) 59353; El. Masch.-Bau 1913, S 715. — [3]) DRP 255994; El. Masch.-Bau 1913, S 715. — [4]) F. Conrad, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1913, S 1995. — El. Masch.-Bau 1913, S 1102. — [5]) W. M. Thornton, Electr. (Ldn.) Bd 70, S 62; Bd 71, S 607. — [6]) El. Anz. 1913, S 263, 265, 301. — [7]) Edwards, El. World Bd 63, S 160. — [8]) Dobbelstein, El. Masch.-Bau 1914, S 275. — [9]) Antoulaieff (nach Rev. él.), El. World Bd 66, S 877. — [10]) ETZ 1913, S 1468.

---

## Elektrische Regelung.

Von Oberingenieur Chr. Krämer.

**Elektrischer Antrieb auf Schiffen.** Krell[1]) behandelt eingehend die Entwicklung der Elektrotechnik auf Kriegs- und Handelsschiffen und schildert, wie die Forderungen von leichtem Gewicht, Unempfindlichkeit gegen Feuchtigkeit, sowie die Eigenart der Bedienung stark von der am Land üblichen Ausführung abweichende Apparate herausbildete. Der Aufsatz zeigt eine Reihe Abbildungen und Schaltbilder von Kohlen- und Munitionswinden, Spills, Aufzügen, sowie Einrichtungen von Unterseebooten.

Es ist von großem Interesse, daß gleichzeitig auch H. A. Hornor[2]) einen Überblick über den Stand der elektrischen Einrichtungen an Bord der amerikanischen Handels- und Kriegsmarine gibt. Bei einem Vergleich fällt sofort die auch in anderen Betrieben ersichtliche Vorliebe für Schützensteuerungen auf, die vielfach für Spills, Aufzüge, Rudermaschinen angewandt werden. Gleichfalls Fragen der elektrischen Antriebe auf amerikanischen Kriegsschiffen behandelt ein Aufsatz in der ETZ[3]), der sich besonders mit den Schwierigkeiten des Antriebes der Panzertürme beschäftigt. Diese haben teilweise zum Zweimotorenantrieb mit Differentialgetriebe, teilweise zum indirekten elektrisch hydraulischen Betrieb geführt. Im Anschluß hieran sei noch auf die Erörterung[4]) über die elektrische Ausrüstung des argentinischen Kriegsschiffes Morena hingewiesen, an der sich L. Hibbard, W. Day, S. Pierce, J. Linnard, W. Cochrane, S. Mc. Dowell, L. Porter und A. Hornor beteiligten. Hierbei wurden die weitgehendsten Aufschlüsse über die Erfahrungen auf diesem Gebiete gegeben. Vgl. JB 1914, S 122.

**Elektrischer Antrieb in amerikanischen Hütten und Walzwerken** behandelt eine Reihe von Aufsätzen in den Proceedings, die in mancher Beziehung, besonders durch zahlreiche Abbildungen der Steuerapparate und Schaltbilder wertvoll sind. Die zweiten Seitenzahlen bei den dazu gehörenden Literatur-

vermerken beziehen sich auf die Diskussionen zu diesen Vorträgen, die noch manche neuen Gesichtspunkte brachten. — R. H. Mc Lain[5]) beschreibt die Steuerapparate für den Antrieb in Gießereien und die besonderen Schaltungen, die für die Gießereikrane benötigt werden. Er vertritt die Ansicht, daß auch Drehstrom-Induktionsmotoren für diesen Zweck verwendet werden können, wenn alle Verhältnisse beim Entwurf der Winde, der Bremsen und der Steuerapparate berücksichtigt werden. — H. F. Stratton[6]) behandelt den Antrieb von Walzenzugsmaschinen. Er stellt die Forderung, daß das Anlassen, Stillsetzen und Umkehren in der kürzesten Zeit erfolgen soll, und leitet die Bedingungen von dem Übersetzungsverhältnis und den Schwungmassen des Motors und der Walzenzugsmaschine ab. Er kommt aber trotzdem zu dem Schluß, daß die so zu ermittelnden Werte nicht eindeutig die günstigsten Verhältnisse ergeben, sondern daß auch Gründe anderer Natur oft Abweichung davon verlangen.

E. Brown[7]) beschreibt Kohlen- und Erzverladebrücken, besonders die elektrische Ausrüstung eines Kohlenverladekrans in der Nähe von Pittsburgh. Der Hauptmotor ist ein Drehstrommotor mit einer intermittierenden Leistung von 300 kW, dessen Stator zur Senkbremsung mit Gleichstrom erregt wird. Zu diesem Zweck ist ein kleiner Umformer aufgestellt, der den Erregerstrom für die Statorwindungen liefert und gleichzeitig als Stromquelle für die magnetisch gesteuerten Schützen dient.

Einen mit Gleichstrom betriebenen Schrägaufzug für einen Hochofen, einen Kohleverladekran und einen Aschenaufzug behandelt W. T. Snyder.[8]) Er gibt die dazu gehörenden Schaltbilder und Schaubilder für den Kraftbedarf und die Arbeitsweise.

J. S. Riggs[9]) untersucht die Anforderungen, die an die Steuerapparate auf einem Hütten- und Walzwerk vom Standpunkt des Betriebsleiters zu stellen sind, und verlangt in erster Linie Einfachheit, Betriebssicherheit und weitgehendste Normalisierung.

Gleichfalls einen Schrägaufzug beschreiben G. E. Stoltz und W. O. Lum.[10]) Sie zeigen, wie an Hand des Kräfteschaubildes die Motoren und Steuerapparate zu wählen sind und bringen eine Abbildung des letzteren.

Die Vorteile und Nachteile des Drehstromantriebes und deren Steuerapparate für industrielle Zwecke beleuchtet A. Simon.[11]) Wenn er auch die Überlegenheit des Gleichstroms in bezug auf seine Regulierfähigkeit voll anerkennt, so sieht er doch die Notwendigkeit, dem Antrieb durch Drehstrom die volle Aufmerksamkeit zu schenken, durch die Verbreitung des Drehstroms gegeben. Simon beschreibt nun sehr eingehend die für Drehstrom in Betracht kommenden Steuerapparate, Flachbahnanlasser, Walzenschalter, Schützensteuerungen mit Meisterwalze oder automatisch durch Relais gesteuert usw. Besonders interessiert der Vergleich zwischen einer von Hand gesteuerten elektrischen Schaufel deutschen Ursprungs und einer mit selbsttätiger Schützensteuerung versehenen amerikanischer Herkunft, beide für eine Motorleistung von ca. 400 bis 500 kW.

Die ganze Reihe dieser Aufsätze zeigt die Vorliebe der Amerikaner für die Schützensteuerung, besonders für die selbsttätige und die immer mehr zutage tretende Erkenntnis, daß das Beste ohne Rücksicht auf die Anschaffungskosten gerade gut genug für die Schwerindustrie ist.

**Rohrpostanlagen.** Über elektrische Steuer- und Überwachungseinrichtungen bei diesen Anlagen liegen mehrere Arbeiten von F. Wille vor; vgl. S. 123. Ein Aufsatz behandelt eine Rohrpostanlage zum Befördern loser Zettel[12]), ein zweiter Neuerungen bei Rohrpostanlagen mit Wendebetrieb[13]); für diese baut die Firma A. Lorenz eine automatische Fernsteuerung des Gebläsemotors, während nach einem Vorschlag von Kasten die Druckluft selbst zum Abstellen und Umstellen der Luft-Verteilungsorgane benutzt wird. Im Anschluß hieran berichtet Kasten[14]) über Versuche bei der Berliner Rohrpost, die zur Ermittlung des Luftverbrauchs angestellt wurden. Die Versuche haben ergeben, daß durch die Vereinigung elektrischer und mechanischer Mittel gegenüber

Handbetätigung ein Drittel an Betriebsluft gespart werden kann. Die Einrichtungen hierzu wurden von der Maschinenfabrik Hausschild und von Hardegen & Co. gebaut. Ein weiterer Aufsatz von F. Wille[15]) behandelt die Abschlußorgane bei Rohrpostanlagen und die Einrichtungen, die verhindern, daß mehrere gleichzeitig ankommende Sendungen sich gegenseitig stören. Ausführungen von Bryson, von Mix und Genest und der Lorenz-A.-G. werden durch Schaltbilder und Zeichnungen erläutert.

**Verschiedene Antriebe.** Eine Einrichtung der Maschinenfabrik Örlikon, um schwer zu betätigende Regulierapparate wie Induktionsregler, Hauptstromregulatoren rasch und sicher zu steuern, beschreibt Blumer.[16]) Die Bewegung erfolgt durch einen Preßölmotor; das erforderliche Preßöl liefern zwei Zahnradpumpen verschiedener Größe, von denen die kleinere ständig läuft, während die größere nur bei stärkerem Ölverbrauch selbsttätig angelassen wird. Die Ventile des Ölmotors werden durch Spannungs- oder Strommesser beeinflußt und besitzen die von hydraulischen Steuerungen bekannten Rückführungen. — Gleichfalls mit einem Ölhilfsmotor arbeitet eine Einrichtung zur Regelung eines elektrischen Lichtbogenofens von BBC[17]), wobei die Ventile mit Hilfe des bekannten Schnellregler-Voltmeters von BBC beeinflußt werden.

W. W. Scott[18]) erhielt ein EP auf eine Einrichtung zur Bewegung von Steuerorganen, z. B. Rudermaschinen, Schleußentoren, bei der die von Hand eingeleitete Bewegung des Steuerrades durch einen Motor unterstützt wird; der Motor ist dabei durch eine Zentrifugal- oder sonst geeignete Kuppelung mit der Antriebswelle verbunden, so daß im Falle des Versagens des Motors die Bewegung von Hand durchgeführt werden kann.

Kochler[19]) beschreibt eine vorteilhafte Anordnung eines Dampfabsperrschiebers, bei welcher der Schieber an der Decke in die Rohrleitung eingebaut ist, während der Motor auf dem Flur angebracht ist und durch Gestänge und Zahnräder den Schieber betätigt.

P. Weiske[20]) erläutert die Schwierigkeiten, die sich beim Anstellen eines Kalanders und dem Übergang auf Betrieb ergeben, und zeigt, wie sich diese vermeiden lassen durch Anwendung eines Mehrleiternetzes, dessen Mittelleiter bei weiterer Bewegung des Steuerapparates im Augenblick des Stromloswerdens selbsttätig abgeschaltet wird.

Elektrische Weichenstellvorrichtungen der Maschinenfabrik Örlikon beschreibt H. Thieme.[21]) Diese werden durch einen kräftigen Zugmagnet betätigt, der durch einen eigenartigen Übertragungsmechanismus die Weiche beim jedesmaligen Erregen abwechselnd nach rechts und links umlegt. Erwähnt wird auch noch eine Spezialausführung einer Sicherheitsweiche, die bei dem auf sehr starkem Gefälle liegenden Bahnhof Glion bezweckt, etwa ohne Führer sich in Bewegung setzende Wagen auf ein Sicherheitsgleise zu bringen.

Erwähnt sei noch eine elektromagnetische Auslösung für Selbstverkäufer[22]), welche die Bezahlung einer bestimmten Summe mit verschiedener Münze gestattet.

Pumpenantriebe werden beschrieben von J. Schmidt (Hauswasserpumpe System Ruwo)[23]), und von A. Schmidt die Thetispumpwerke[24]) der Stadt Mühlhausen, ferner eine Anordnung von Borach[25]), die mittels Kontaktuhr und zweier Pumpen verschiedener Größe die Tarifbegünstigungen der Elektrizitätswerke ausnutzt.

**Temperaturregler.** Ein Thermoregler von Björnson[26]) beruht auf einem Kontaktmanometer, bei dem der Druckunterschied durch die Ausdehnung einer in einem Heizrohr eingesperrten Flüssigkeit erzeugt wird.

Eine Verbesserung an seinem Kontaktthermometer hat A. Franke[27]) angebracht.

[1]) Krell, Elektr. Antrieb a. Schiffen, ETZ 1915, S 409, 424, 439, 465, 481, 496, 530. — [2]) H. A. Hornor, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 1515. — [3]) ETZ 1915, S 4. — [4]) Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 679. — [5]) R. H. Mc Lain, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 587, 2984. — [6]) H.F. Stratton, Proc. Am. Inst. El.

Eng. 1915, S 599, 2869. — [7]) R. E. Brown, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 615, 2895. — [8]) W. T. Snyder, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 695, 2947. — [9]) J. S. Riggs, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 715, 2869. — [10]) G. E. Stoltz u. W. O. Lum, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 723, 2947. — [11]) A. Simon, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 731, 2895. — [12]) [13]) F. Wille, Helios Fach- u. Exportz. 1915, S 129, 187. — [14]) Kasten, Helios Exportz. 1915, S 201, 217, 233. — [15]) F. Wille, Helios Fachz. 1915, S 497, 505. — [16]) A. Blumer, ETZ 1915, S 526. — [17]) BBC, DRP 280838; Stahl u. Eisen 1915, S 1035. — [18]) W. W. Scott (El. Engin. 4. 2. 15), El. World Bd 65, S 604. — [19]) S. Kochler, Mitt. Ver. EW 1915, S 93. — [20]) P. Weiske, El. Anz. 1915, S 567. — [21]) H. Thieme, Helios Exportz. 1915, S 449, 465, 487, 502. — [22]) Helios Fach- u. Exportz. 1915, S 214. — [23]) J. Schmidt, Helios Fachz. 1915, S 7, 26. — [24]) A. Schmidt, Jl. Gas Wasser 1915, S 706. — [25]) Helios Fachz. 1915, S 338. — [26]) E. Björnson, Z. Instrk. 1915, S 74. — [27]) Helios Fach- u. Exportz. 1915, S 215.

---

## Elektrische Scheidung.

Von Direktor Dipl.-Ing. Jul. Bing.

**Elektromagnetische Scheidung.** Der Krieg hat in nicht vorherzusehender Weise die Einführung der Magnetscheidung in Deutschland gefördert; der bei Kriegsausbruch an die Eisengießereien plötzlich herantretende große Bedarf an Graugußgranaten veranlaßte die Werke in weitem Maße zur Beschaffung von Magnetseparatoren zur Entfernung des Spritzeisens u. dergl. aus dem Formsand.

Außerdem verursachte die durch die Kriegsereignisse eintretende Knappheit und Verteuerung des Kupfers und seiner Legierungen eine sparsame Verwendung dieser Metalle. Abfälle, die früher nur geringeren Wert besaßen, konnten durch die magnetische Aufbereitung wieder zu hochwertigen Rohmaterialien aufgearbeitet werden. Außerdem gelang es, die Magnetmaschinen selbst ohne Verwendung von Sparmetallen so auszubilden, daß sie gegenüber den Friedenskonstruktionen in ihrer Wirksamkeit nicht zurückstanden. Die Absperrungspolitik unserer Feinde hat also auch auf diesem Gebiete die deutsche Industrie nur noch leistungsfähiger für den zukünftigen Weltmarkt gemacht.

An Neuerungen, die in den Berichtjahren 1914 und 1915 bekannt wurden, wäre zu nennen: Eine Maschine der Donnersmarckhütte[1]), welche sich gleichgut zur trocknen wie zur nassen Aufbereitung eignen soll.

Über die Aufbereitung nasser Erze veröffentlicht Wüster[2]) unter besonderer Berücksichtigung des bekannten Humbold-Scheiders eine Abhandlung. Eine eigenartige Anordnung eines Magnetscheiders wurde von der Hardy Patent Pick Co. Ltd., Sheffield[3]), auf den Markt gebracht. Zur Aufbereitung von Erzen verwendet die Witherbee, Sherman & Co., Mineville N. Y.[4]), eine interessante Magnetanordnung.

Grundlegende Veränderungen der bekannten Anordnungen sind nicht bekannt geworden. Es handelte sich im übrigen nur um einige minderwichtige Abänderungen der bekannten Einrichtungen.

**Elektrostatische Scheidung.** Die Maschinenfabrik Luther A.-G.[5]), Braunschweig, brachte eine Neuheit auf dem Gebiet der Müllereimaschinen. Ein über 2 Walzen horizontal laufendes endloses Band aus Isoliermaterial (Gummi usw.) wird durch Reibung auf seiner Oberfläche elektrisch geladen und zieht die in kleinem Abstande vorbeilaufenden leichten Verunreinigungen aus vorgemahlenem Getreide (Gries und Dunst) heraus. Die Maschine ist so eingerichtet, daß sich die verschiedenen Bestandteile nach ihrer spezifischen Schwere getrennt auffangen lassen. Die Einrichtung soll sich gut bewähren.

Mit dem von Cottrell angegebenen Verfahren zur Niederschlagung von Rauch- und Staubteilchen aus der atmosphärischen Luft wurden sehr weitgehende Versuche in größerem Maßstabe in Amerika vorgenommen. W. W.

Strong[6]) stellt eine Theorie auf, die es gestattet, eine recht einfache Berechnung der elektrischen Energie bei der elektrostatischen Scheidung in einem Gas oder in Flüssigkeit freischwebender Teilchen vorzunehmen. — Sehr lehrreiche und eingehende Versuche veröffentlicht A. F. Nesbit.[7]) Er zeigt die verschiedenartige Wirkung der positiven, negativen und wechselnden Ladung auf suspendierte Masseteilchen. — Bradley[8]) beschreibt einige interessante praktische Ausführungen elektrostatischer Fällungsanlagen unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Momente. Es kommen Spannungen in den beschriebenen Anlagen in Frage bis 250000 V. — F. G. Cottrell[9]) gibt einen eingehenden historischen Überblick über das gesamte Gebiet der elektrostatischen Scheidung von den ersten Versuchen Hohlfelds vom Jahre 1824 beginnend bis in die Neuzeit.

Es scheint, daß auf diesem Gebiete wichtige Neuerungen zu erwarten stehen; insbesondere haben die amerikanischen Versuche eine vollkommene Beseitigung verschiedener Rauch- und chemischer Abgase und Staubwirkungen ergeben. Es ist bedauerlich, daß dieses sehr aussichtsreiche Gebiet, das wohl noch manche Überraschungen bringen wird, nicht auch in Deutschland Bearbeitung findet.

[1]) Donnersmarckhütte, DRP 271116; Helios Exportz. 1915, S 1808. — [2]) R. Wüster, Dingl. polyt. Jl. 1915, S 1. — [3]) Hardy Patent Pick Co., El. Rev. (Ldn.) Bd 74, S 234. — [4]) Witherbee, Sherman & Co., El. World Bd 63, S 1153. — [5]) Maschinenfabrik Luther, DRP 276484, Kl. 1. — [6]) W. W. Strong, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 229. — [7]) A. F. Nesbit, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 507. — [8]) Bradley, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 523. — [9]) F. G. Cottrell, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 625.

# B. Elektrochemie.

## VIII. Elemente und Akkumulatoren.

Elemente. Von Prof. Dr. K. Arndt, Charlottenburg. — Akkumulatoren und deren Verwendung. Von Oberingenieur Dr. H. Beckmann, Berlin.

### Elemente.

Von Prof. Dr. K. Arndt.

**Brennstoffelemente.** Das Bestreben, mit Hilfe galvanischer Elemente Wärmeenergie geradenwegs möglichst restlos in elektrische Energie umzuwandeln, hat auch 1915 die Erfinder angeregt. Die SSW[1]) suchen dies Ziel auf einem Umwege zu erreichen, indem sie als Anodenflüssigkeit eine Lösung von Jod- oder Bromwasserstoff in 40- bis 60proz. Schwefelsäure wählen und ihr ein Reduktionsmittel, z. B. schweflige Säure, zufügen. Bei Stromentnahme wird die schweflige Säure zu Schwefelsäure oxydiert. Die Schwefelsäure kann durch Kochen mit Kohlenpulver oder durch Erhitzen auf Rotglut wieder in schweflige Säure zurückverwandelt werden. Anstatt schwefliger Säure können auch andere, durch Erhitzen erneuerbare Reduktionsmittel verwendet werden, z. B. Kupferchlorür.

Über die Gaselemente von W. Nernst[2]) urteilt F. Förster[3]), daß der Zwang, die Wasserstoffelektrode zu platinieren, abgesehen von anderen technischen Schwierigkeiten, zurzeit ihre wirtschaftliche Verwendung ausgeschlossen erscheinen läßt.

Bei der Hypochloritkette von Hofmann und Ritter[4]) ist der von Hypochloritlösung umgebenen Platinelektrode eine von Natronlauge umspülte Kohlenelektrode gegenübergestellt, welche aus einem mit Holzkohle gefüllten Platindrahtnetz besteht. Bei Stromentnahme wird Kohle zu Kohlensäure verbrannt. In dieser Hypochloritkohlenkette sieht A. Thiel[5]) eine neue Art von galvanischen Elementen, weil die Kohle nicht durch Übertragung von Ionenladungen, sondern durch eine rein chemische Umsetzung den Strom liefert. Den Versuch, die von diesem Kohlenelement gelieferte elektrische Energie in quantitative Beziehung zur freien Energie der Kohlenstoffverbrennung zu setzen, hält er für verfrüht, weil es sich hier nicht um einen das Potential bedingenden Gleichgewichtszustand zwischen Kohle, Sauerstoff und Kohlensäure handele, sondern die EMK dieser Oxydationsreduktionskette durch die Geschwindigkeit der Umsetzung bestimmt werde. Der Hoffnung, durch Verbesserung der Kohle das Element leistungsfähiger zu machen, widerspricht er durch den Hinweis, daß die leichte Polarisierbarkeit hauptsächlich durch die Trägheit der Sauerstoffmoleküle verschuldet wird.

**Braunstein als Depolarisator.** Der künstliche Braunstein enthält nach Angabe der chemischen Fabrik von Heyden[6]) meist Mangansalze, welche beim Arbeiten des Elementes freies Alkali oder Erdalkali abscheiden, infolgedessen

den Salmiak des Elektrolyts angreifen und Ammoniakverluste verursachen. Sie verwendet statt dessen solche Salze der Mangansäure, deren Base ganz oder zum Teil aus Manganoxydul besteht; diese Manganomanganite gewinnt sie, indem sie im Handel befindliche Alkali- oder Kalkmanganite mit löslichen Manganosalzen umsetzt.

Franz Thiele[7]) setzt dem Mangansuperoxyd, um einen recht leistungsfähigen Depolarisator zu erhalten, mangansaures Quecksilberoxyd zu und verwendet Alkalilauge als Elektrolyt.

**Bewegen des Depolarisators.** Bei dem Zweiflüssigkeitselement von K. Werner[8]) wird die innerhalb der becherförmigen Kohle befindliche Depolarisationsflüssigkeit durch den Überdruck, welchen die bei Stromentnahme freiwerdenden Gase entwickeln, in die Poren der Kohle getrieben. Durch einen in den Deckel eingebauten, mit alkalischer oder Ferrosalzlösung beschickten Flüssigkeitsverschluß wird der Überdruck begrenzt. Wenn der Strom abgeschaltet wird, so verhindert ein Kugelventil aus Glas das Eintreten von Luft. Die dann durch die Poren der Kohle eintretende Erregerflüssigkeit soll durch einen in die Kohle gestellten, unten offenen Glaszylinder vor der Vermischung mit der Depolarisatorflüssigkeit geschützt werden. Ob dies umständlich aufgebaute, vermutlich mit Salpetersäure als Depolarisator arbeitende Element die Erwartungen erfüllt, erscheint zweifelhaft.

**Trockenbatterien.** M. de Kay Thompson und E. C. Crocker[9]) haben planmäßig nach der günstigsten Korngröße und dem günstigsten Mischungsverhältnis für den Braunstein und die Kohle gesucht. Sie finden die beste Depolarisation, wenn die Körner größer als 0,2 mm und kleiner als 2,5 mm sind; beide Bestandteile sollen die gleiche Korngröße haben. Der Braunstein soll rein sein. Das günstigste Mischungsverhältnis ist 60% $MnO_2$. Als Ursache der Polarisation sehen sie nicht Wasserstoff, sondern Ammoniak an. Um dieses zu beseitigen, erscheint hier nur das Zinkchlorid geeignet, das große Mengen Ammoniak binden kann.

Um die Kohlenelektroden von Taschenbatterien herzustellen, haben W. Sommerfeld und A. Dornheim[10]) eine Vorrichtung erfunden, welche den (zur Stromableitung dienenden) Kohlenstift selbsttätig einführt, ihn mit der Mischung von Graphitpulver, Kohle und Braunstein umpreßt und die fertige Elektrode auf ein Förderband fallen läßt. Die den Kohlenstift einführenden und die Elektrode ausstoßenden Hebel werden von Walzen mit entsprechend eingeschnittenen Gängen zwangläufig geführt. Die Preßbacken werden durch Exzenter getrieben. — Eine Maschine, welche 100 bis 200 Kohlenelektroden gleichzeitig herstellt, wobei der Stempel der Presse nur dreimal nieder- und aufwärtsgeht, ist von O. Jäger und F. Fabian[11]) erfunden worden.

Um der Taschenlampenbatterie zu Anfang des Gebrauches, wo sie noch höhere Spannung hat als die Lampe bedarf, nicht unnötig viel Strom zu entziehen, werden von mehreren Firmen[12]) kleine Vorschaltwiderstände in den Handel gebracht, welche auf den einen Leitungsstreifen aufgeschoben werden. Dadurch schont man Batterie und Lampe.

Für die Prüfung der Taschenlampenbatterien macht das Elektrische Spezialbureau, Berlin-Schöneberg[13]), folgenden Vorschlag: Als Brenndauer einer dreiteiligen Batterie soll die Zeit gelten, in welcher die Spannung auf 1, 8 V fällt, während die Batterie durch einen Widerstand von 15 $\Omega$ oder eine Metallfadenlampe von 3,5 V und 0,2 A Stromverbrauch ununterbrochen entladen wird. Gute Batterien zeigen eine Brenndauer von 3 bis 6 h. Für besondere Zwecke werden größere Taschenlampenbatterien bis zu 20 h Brenndauer gebaut. Wenn die Batterie nur auf Augenblicke benutzt wird, so wird ihre Brenndauer bis um die Hälfte erhöht. Die durch den Mangel an allgemein gültigen klaren Prüfungsvorschriften verschuldeten Mißstände bei der Anpreisung von Lampenbatterien werden auch von der Elektrizitäts-Ges. Schneider & Co.[14]) lebhaft beklagt. J. Epstein[15]) fand bei der Prüfung von 11 Sorten im Mittel eine Leistung von noch nicht 0,4 Ah, wenn er mit 0,2 A bis auf 2 V entlud,



und von 0,53 Ah, wenn er auf 1,5 V herabging; die auf den Batterien aufgedruckten Brennzeiten lauteten aber bis zu 300% höher.

[1]) Siemens-Schuckertwerke, DRP 284821. — [2]) Nernst, JB 1913, S 127. — [3]) Förster, Elektrochemie wässeriger Lösungen, 2. Aufl., Leipzig 1915, S 196. — [4]) Hofmann und Ritter, JB 1914, S 126. — [5]) A. Thiel, Z. Elchemie 1915, S 325. — [6]) v. Heyden, DRP 283068. — [7]) F. Thiele, DRP 287267. — [8]) K. Werner, DRP 286022. — [9]) M. de Kay Thompson u. E. C. Crocker, El. Masch.-Bau 1915, S 384. — [10]) W. Sommerfeld u. A. Dornheim, DRP 281947. — [11]) O. Jäger u. F. Fabian, DRP 287410. — [12]) ETZ 1915, S 263. — [13]) Elektr. Spezialbureau, ETZ 1915, S 261. — [14]) Schneider & Co., ETZ 1915, S 406. — [15]) J. Epstein, El. Anz. 1915, S 49.

## Akkumulatoren und ihre Verwendung.

Von Oberingenieur Dr. H. Beckmann.

**Allgemeines.** Neue Konstruktionen von Akkumulatoren sind in dem Berichtsjahre nicht bekannt geworden. Durch die Einwirkung des Krieges sind viele Anwendungsgebiete gänzlich unbearbeitet geblieben; manche bestehenden Akkumulatorenanlagen wurden sogar ausgebaut, um die benutzten Metalle freizubekommen, die Einrichtung neuer Batterien wurde vielfach stark eingeschränkt.

Einige Bücher, in denen Akkumulatoren behandelt wurden, erschienen zu Anfang des Berichtsjahres, so über Elemente und Akkumulatoren von Alfred Wogrinz[1]), ein Leitfaden für Installateure und Mechaniker, in welchem die notwendigen praktischen Kenntnisse über den Akkumulator vermittelt werden; die theoretischen Ausführungen sind sehr kurz gehalten, sind aber dem Verständnis des gewählten Leserkreises wohl angepaßt. Ferner wurde ein besonderes Buch von Rudolf Krause[2]) herausgegeben, in dem die Schaltung kleiner Anlagen mit Akkumulatoren besprochen wird.

C. Heim[3]) untersucht den Einfluß der Porosität auf die Kapazität von Sammlerplatten. Messende Versuche über diese Fragen sind bis jetzt kaum bekannt geworden; der Untersuchende hat aus gleichen Ausgangsmaterialien mehrere Plattensorten von verschiedener Porosität hergestellt und deren Kapazität unter gleichartigen Bedingungen untersucht. Die durch Vermehrung der Porosität erzielte Kapazitätssteigerung betrug 21% bei einer Verminderung des Massegewichtes um etwa 16%. Eine weitere Steigerung der Kapazität durch erhöhte Verdünnung der angewandten Paste läßt sich aber kaum erreichen, da mit wachsender Porosität auch die Haltbarkeit der Platten abnimmt.

**Ortsfeste Batterieanlagen.** Man hat sich auch weiter bemüht, Akkumulatoren im Anschluß an Drehstromwerke zur Aufstellung zu bringen. — H. Beckmann und H. Heisig[4]) besprechen größere Anschlußbatterien, wie sie in Berlin und anderen Großstädten vielfach im Anschluß an Gleichstrom- wie auch an Drehstromwerke Verwendung gefunden haben. Diese Art von Akkumulatorenbatterien dient dazu, den Belastungsfaktor des Elektrizitätswerkes zu verbessern und ermöglicht es gleichzeitig, daß dem Abnehmer die elektrische Energie zu einem billigeren Satz geliefert werden kann, weil mit Hilfe dieser Batterien der Strom sich bequem zu solchen Zeiten entnehmen läßt, in denen sonst Netz und Erzeugeranlage schwach belastet, also ungünstig arbeitet.

Eine Zusammenstellung über selbsttätige umkehrbare Batteriezusatzmaschinen gibt Münster[5]) und fügt seinem Aufsatz Schaulinien, Maschinenabbildungen und Schaltungsbilder bei.

Mehrfach sind in den letzten Jahren Batterien hoher Zellenzahl und daher hoher Spannung als Pufferbatterien für elektrische Vollbahnen herangezogen worden. Löwit[6]) beschreibt eine solche Anlage, die bei der Rhein-Haardtbahn Aufstellung fand. Man benutzte dort eine Batterie bestehend aus 555 Elementen mit 185 Ah Kapazität bei einstündiger Entladung. Die Batterie ist in zwei

Stockwerken untergebracht. Die Betriebsspannung der Bahn beträgt 1200 V. — Ferner wird über die ungarische Tatrabahn berichtet[7]), die eine Gleichstromspannung von 1650 V hat und eine Pufferbatterie von 794 Elementen in Piranischer Schaltung besitzt. — Auch die Usui-Toge-Bahn in Japan[8]) besitzt bei einer Betriebsspannung von 659 V in ihren beiden Unterstationen Tudorbatterien von je 312 Elementen und 1322 Ah einstündiger Leistung.

L. Schröder[9]) hat sehr ausgedehnte und wichtige Versuche über Wechselstrom-Pufferung angestellt. Er bespricht Schaltungen, die für Akkumulatorenpufferung in diesem Falle in Frage kommen können, gibt eine Reihe sehr interessanter Messungen und Schaulinien an. Es zeigt sich, daß das plötzliche Ein- und Ausschalten bis über das Dreifache der normalen Netzbelastung hinaus sehr gut von dem Pufferaggregat vertragen wird. Ebenso wurde auch besonders der dem Maschinenbruch entsprechende Fall untersucht, wobei die Dynamo plötzlich vom Netz ausgeschaltet und das Pufferaggregat sich selbst überlassen wurde; dabei bleibt die Stromlieferung erhalten, wenn auch infolge Spannungsabfalls angeschlossene Motoren langsamer laufen und Lampen dunkelrot glühen.

Ausführlich wird besprochen die Anwendung des Danielsonschen Umformers und der Lancashire-Schaltung; ebenso wird durch Versuche erwiesen, daß sich statt eines Danielsonschen Umformers ein gewöhnlicher Einankerumformer als Regulierdynamo sehr gut benutzen läßt.

Die Albtalbahn in Baden ist bekanntlich mit Akkumulatoren zur Pufferung seit mehreren Jahren ausgerüstet. Über den praktischen Betrieb und verschiedene dort erzielte Versuchsergebnisse berichtet Linke[10]) an der Hand von Schaltbildern und zahlreichen Schaulinien. Durch die Wirkung des Pufferaggregates wird ein sehr günstiger Leistungsfaktor für die Anlage erzielt.

**Triebwagen.** Die erfreuliche und schnelle Entwicklung, welche die Einführung von Akkumulatortriebwagen während der letzten Jahre zeigte, ist durch den Krieg stark ins Stocken gekommen. Die Aufnahme des Triebwagenverkehrs auf neuen Strecken dürfte in Deutschland wohl kaum zu verzeichnen sein, und über die Entwicklung in den Vereinigten Staaten ist verhältnismäßig wenig bekannt geworden. — In City Island verkehren 12 Wagen der Third Avenue Railways. Näheres darüber gibt ein Aufsatz von W. R. Wood[11]). — Ein besonderer — der Brilltyp — mit 26 Personen Fassungsvermögen läuft in Milledgeville[12]). Das Wagengewicht beläuft sich auf 7,2 t und die Fahrgeschwindigkeit beträgt 24 km/h. Es sind Steigungen bis zu 8% auf kurzen Strecken zu überwinden.

In New York hat man bekanntlich seit einiger Zeit versucht, die vereinzelt noch benutzten Pferdebahnwagen durch Akkumulatorenwagen abzulösen; nunmehr ist auch der letzte Pferdebahnwagen dort verschwunden. Im ganzen stehen 206 Akkumulatorenwagen im Betrieb[13]). — In Schweden ist ein Triebwagen mit Jungner-Akkumulatoren für Personen- und Güterverkehr auf einer 6,5 km langen Bahn im Anschluß an das Kraftwerk Untra[14]) in Benutzung.

Auf der Ausstellung in Malmö waren mehrere Akkumulatorentriebwagen aufgestellt, über die eingehend durch den Leiter der Eisenbahnausstellung R. Anger[15]) berichtet wird unter Beibringung von Abbildungen, Bauzeichnungen und Schaubildern.

Eine sehr gründliche und ausführliche Bearbeitung über Leistungsgröße der Akkumulatorentriebwagen der Preußischen Staatsbahnenverwaltung liegt von Heumann[16]) vor. Der Verfasser gibt auf Grund von Versuchsfahrten und rechnerischen Untersuchungen die Größen für Vorausberechnung von Arbeitsverbrauch und Fahrgeschwindigkeit für Hauptstromwagen an, untersucht, welche Betriebsart für die verschiedenen Fälle zweckmäßig ist, und macht ferner Angaben über die Arbeitsrückgewinnung bei Triebwagen mit Nebenschlußmotoren.

Allgemein zusammenfassend hat über die elektrischen Triebwagen Bode[17]) berichtet. Er beschreibt vor allem die deutschen Wagenbauarten und die Strek-

ken, die mit Triebwagen befahren werden, bringt Abbildungen dreiteiliger Triebwagen mit Blei- und Edisonbatterien und bespricht außerdem noch die benzolelektrischen und Diesel-elektrischen Wagen. — Eine eigenartige Rangierlokomotive, durch Akkumulatoren betrieben, war auf der Schweizerischen National-Ausstellung in Bern[18]) ausgestellt. Sie soll ein schnelles Rangieren mit möglichst wenig Bedienungsaufwand gestatten. Die Hauptneuerung an dieser Lokomotive sind vier magnetische, zylindrisch gestaltete Puffer, die an ihrer Vorderfläche je eine halbkugelförmige Vertiefung und eingelassene Erregerwicklung besitzen. In die Vertiefung paßt der an den Wagen befindliche Puffer. Zum Rangieren genügt ein Mann; er fährt bis zur Berührung der Puffer an den zu befördernden Wagen heran, schließt den Erregerstrom und vermag dann mit einer Geschwindigkeit von 5 km/h den Wagen — im ganzen bis zu einer Last von 45 t — zu schleppen. Jeder Puffer beansprucht zur Erregung 220 W.

**Elektrische Boote.** Über den Betrieb von Wasserfahrzeugen unter Zuhilfenahme von Akkumulatoren ist in der Literatur des Berichtsjahres sehr wenig veröffentlicht. Trotzdem hat gerade während des Krieges der Akkumulator auf diesem Gebiete ein außerordentlich weites Anwendungsfeld in den Unterseebooten gefunden und hat hier ungekannt und ungenannt in sehr erheblichem Maße dazu beigetragen, die deutsche Wehrkraft zu stärken. Jedes nähere Eingehen verbietet sich zurzeit völlig.

**Elektromobile.** Bekanntlich hat besonders in den Vereinigten Staaten die Anwendung elektrischer Wagen eine beachtenswerte Ausdehnung in den letzten Jahren angenommen und auch in Deutschland begann von Jahr zu Jahr der elektrische Wagen sich mehr und mehr Eingang zu verschaffen. Diese erfreuliche Entwicklung hat durch den Krieg wider Erwarten eine fast gänzliche Unterbrechung gefunden. Anfangs dachte man wohl, daß gerade die Akkumulatorwagen einen günstigen Ausweg schaffen könnten, weil der verhältnismäßig früh auftretende Benzinmangel gebieterisch eine Einschränkung aller Wagen mit Verbrennungsmotoren verlangte. Leider trat jedoch bald noch schärfer der Mangel an Rohgummi in Erscheinung und legte damit eigentlich jeder motorischen Fortbewegung ohne Benutzung von Schienen das schwerste Hindernis in den Weg. Bis jetzt wurde es leider nicht möglich, hier einen brauchbaren Ausweg für den Großbetrieb zu finden, so daß es auch nicht möglich wurde, die durch Ausfuhr der Benzinfahrzeuge geschaffene große Lücke durch Akkumulatorenfahrzeuge zu ergänzen.

Mehrfach wird auf die Gefährdung der Volksgesundheit hingewiesen, die durch Auspuffgase der Automobilmotoren — besonders in den Großstadtzentren — zu gewärtigen ist[19]). Das Hygienische Institut in Berlin stellte fest, daß die Auspuffgase aus 85% Stickstoff, 4,5% Kohlensäure, 5,3% Sauerstoff und 3,7% Kohlenoxydgas bestehen; besonders schädlich ist bei diesen Gasen aber noch eine Beimengung von Akroleïn, dessen hohe Giftigkeit nachgewiesen ist.

Von Cushing und Smith[20]) wurde, passend für amerikanische Verhältnisse, ein besonderes Handbuch herausgegeben über elektrische Automobile, in dem genaue Anweisungen über die Benutzung, Überwachung und Unterhaltung elektrischer Wagen und deren Batterien gegeben werden; ferner werden amerikanische Akkumulatoren verschiedener Bauart, ihre Aufladung und Entladung und sonstige wirtschaftliche Behandlung besprochen.

Die Berliner Feuerwehr[21]) hat in größerem Maße Elektromobile für ihren Löschdienst herangezogen und hat bis jetzt, wie aus dem letzten Berichte hervorgeht, sehr gute Erfahrungen damit gemacht. Die Kosten für Erhaltung und Betrieb eines vollständigen elektrischen Löschzuges ohne Verzinsung und Abschreibung belaufen sich auf 5555 M jährlich, während die entsprechenden Kosten eines bespannten Löschzuges etwa das Vierfache, nämlich 21913 M, betragen. Durch Umwandlung der Berliner Feuerwehr in Motorwagenbetrieb wurden in den letzten Jahren rund 409000 M an laufenden Kosten erspart.

In dem Postdienst wurden Elektromobilwagen — abgesehen von den schon erwähnten Berliner Fahrzeugen — mehrfach in Deutschland eingeführt, ebenso auch nach den vorliegenden Berichten in den Vereinigten Staaten von Nordamerika[22]). Dort sind in 50 Großstädten Elektromobile für den Transport von Postsachen zur Einstellung gekommen. Besonders in New York[23]) hat man gute Erfahrungen mit 28 in Betrieb befindlichen Wagen einer Gesellschaft gemacht. Die Wagen sind seit etwa 4 Jahren im Betrieb und sollen allen Erwartungen voll entsprechen und besonders auch niedrige Reparaturkosten ergeben haben.

Besondere Modelle elektrischer Wagen — sog. Trucks — wurden in den Vereinigten Staaten vielfach zur Bewältigung des eigentlichen Güterdienstes verwandt. Die New York Railways Co.[24]) hat 29 derartige Transportwagen im Betrieb. Die Wagen sollen — abgesehen von einer kurzen Zeit heftiger Schneestürme — auch während des Winters gut gearbeitet haben.

In längerer praktischer Erprobung sind an vielen Stellen in Amerika die Kosten für den Dienst elektrisch betriebener Karren ermittelt worden[25]). Wenn sich auch die Unkosten, die dort festgestellt wurden, nicht ohne weiteres auf deutsche Verhältnisse übertragen lassen, so geben sie doch einen guten Anhalt dafür, wie außerordentlich praktisch und verhältnismäßig billig diese gleislosen Güterkarren arbeiten.

Auf verschiedenen Bahnsteigen der London-North-Western-Bahn und einigen anderen englischen Bahnen wird, ebenso wie in den Vereinigten Staaten, neuerdings das Gepäck mit elektrisch betriebenen Karren befördert[26]). Für den Antrieb dient eine Edisonbatterie von 24 V. Der Wagen ist imstande, eine 15proz. Steigung mit einer Geschwindigkeit von 2 m/s zu befahren. Der Führer steht auf einem Laufbrett und betätigt von da aus die Schalter. Beim Heruntersteigen des Fahrers öffnet sich ein selbsttätiger Ausschalter im Hauptstromkreis des Motors und läßt die Bremse in Tätigkeit treten. Der kleinste zu fahrende Halbmesser beträgt 3,5 m.

Wagenknecht[27]) berichtet über diese elektrischen Karren, daß sie im Verhältnis zum Handbetrieb um etwa 66% billiger arbeiten. Inzwischen haben auch deutsche Firmen[28]) den Bau dieser Wagen aufgenommen. Diese deutschen Modelle sind imstande, bei einer Geschwindigkeit von ungefähr 9 km/h etwa 1000 kg zu bewegen. Angaben über Betriebskosten liegen bereits vor.

Gute Erfahrungen mit elektrischen Müllabfuhrwagen[29]) hat auch weiterhin die Stadt Fürth gemacht. In dem Verwaltungsberichte des technischen Betriebsamtes wird für das Betriebsjahr 1913/14 eine genaue Aufstellung über die Selbstkosten und den Energieverbrauch im Laufe eines Jahres gebracht.

**Elektrische Zugbeleuchtung.** Eine allgemeine Besprechung über die Neuerungen auf dem Gebiete der Beleuchtung von Eisenbahnpersonenwagen gibt Hübner[30]) und beschreibt dabei sowohl die Gasglühlicht- und Preßgasbeleuchtung als auch die verschiedenen Systeme elektrischer Zugbeleuchtung.

Rosenberg[31]) behandelt neue Anwendungen und die Verbreitung der von ihm im Jahre 1904 zuerst beschriebenen Zugbeleuchtungsmaschine, die sich in den zehn Jahren seit ihrer Erfindung in allen Weltteilen verbreitet hat. Er bespricht besonders die mannigfache Verwendung für elektrische Zugbeleuchtung, besonders im Betriebe der Preußischen Staatsbahnen. Der erste Wagen mit Rosenbergscher Maschine war ein D-Zugwagen der bayerischen Staatsbahn. Die ersten Bahnen, die eine größere Zahl dieser Maschinen mit bestem Erfolge in Betrieb setzten, waren die Bagdadbahn und die anatolischen Vorortbahn Konstantinopels.

F. Bach[32]) bespricht die im Jahre 1892 dem Betrieb übergebene elektrische Beleuchtungseinrichtung mit reinem Akkumulatorenbetrieb auf den Strecken der Kaiser-Ferdinand-Nordbahn. Später, im Jahre 1904, hat sich die Verwaltung zur Einführung des Systemes Dick entschlossen. Die gesamte Einrichtung beim früheren System wog 1200 kg, beim jetzigen 750, wobei der gleiche Batterietyp zur Verwendung kam. Außerdem wurden noch verschie-

dene neue Beleuchtungssysteme zur Einführung gebracht. Anlagekosten und Kosten der Lampenstunde werden gegeben.

In Italien[33]) ist fast durchweg elektrische Zugbeleuchtung mit Hilfe auswechselbarer Akkumulatorenbatterien im Betriebe, die in 25 über das ganze Land verteilten Ladestationen aufgeladen werden. Das System hat im Laufe der Jahre gewisse Nachteile ergeben; es werden daher Versuche zur Verwendung von Zugbeleuchtungsdynamos gemacht. Anfangs 1913 sollen über 21000 Batterien zur Beleuchtung von über 6400 Personenwagen — das macht 50% aller vorhandenen — im Betriebe sein. Eine Reihe einzelner Angaben über die Batterieausführungen und Beleuchtungseinrichtungen liegen vor. Die Betriebskosten sind von 1907 bis 1913 gesunken, und zwar für die Kerzenstunde von 0,304 Ct auf 0,242 Ct. Ein Viertel dieser Posten sind Personalkosten und nur ein Zehntel davon kommt auf Ausgaben für elektrische Energie.

Die Anzahl der elektrisch beleuchteten Wagen in Amerika ist von 11000 im Jahre 1911 auf nahe an 19000 im Jahre 1914 gestiegen[34]). Fast 260000 Bleiakkumulatoren gegenüber 32000 Nickel-Eisen-Akkumulatoren sind in Betrieb; die Zahl der letztgenannten Batterieart hat sich allerdings in den letzten zwei Jahren versechsfacht. 84% der elektrisch beleuchteten Vollbahnwagen der Vereinigten Staaten Kanadas und Englands werden durch Achsbeleuchtungsmaschinen betrieben.

Der bayerische Lazarettzug Nr. 2, der alle Hilfsmittel der Wissenschaft und Technik hygienisch einwandfrei für Transport und Behandlung Verwundeter besitzt, wurde mit elektrischer Zugbeleuchtung ausgerüstet. Eine Beschreibung davon liefert Westernhagen[35]).

**Kleinbatterien.** Zum Betriebe von elektrischen Signaleinrichtungen werden immer mehr die Primärelemente gegen Akkumulatoren ausgewechselt, vor allem wohl deswegen, weil die Akkumulatoren im Großbetriebe, wenn für regelmäßige Aufladung gesorgt werden kann, sich leichter und billiger instandhalten lassen und auch fähig sind, wesentlich höhere Strommengen bei Dauerbenutzung abzugeben[36]).

Verschiedene Vorschläge wurden gemacht, um Handlampen von hoher Leuchtfähigkeit, die sich schließlich doch nicht mehr mit Trockenelementen bauen lassen, herzustellen oder einzuführen[37]).

Schorrig[38]) hat auf dem Internationalen Kongreß einen Vortrag über Verwendung tragbarer elektrischer Lampen im Bergwerksbetriebe gehalten und hat über die verschiedenen, heute gebräuchlichen Lampenarten eingehend unter Angabe von Abbildungen, Gewicht und Kosten berichtet.

**Automobilbeleuchtung und Anlasser.** Seit einigen Jahren werden Benzinautomobile in sehr bequemer Weise vom Führersitz elektrisch angeworfen und meistens wird gleichzeitig auch die Beleuchtung des Automobils durch elektrische Lampen geliefert. Die mannigfachen Systeme, die in dieser Hinsicht vorgeschlagen wurden, waren zunächst in Amerika durchgebildet. Man hat aber inzwischen auch mit Nachdruck sich in Europa — besonders auch in Deutschland — mit Herstellung der einschlägigen Maschinen und Apparate beschäftigt, und die Literatur auf diesem Gebiete ist infolgedessen verhältnismäßig schnell angewachsen[39]). Auch der Ausbau dieses Arbeitsgebietes ist durch den Krieg heute so gut wie gänzlich ins Stocken geraten. Eine ausführliche Übersicht über dieses ganze Gebiet geben die sehr schönen und eingehenden Ausführungen von Schirmbeck[40]), der die verschiedensten Modelle des In- und Auslandes bespricht und seinen Ausführungen entsprechende Abbildungen beifügt.

Die General El. Co.[41]) baut unter dem Namen Genemotor besondere Stromerzeuger, die als Zusatzmaschinen bei dem billigen Ford-Kraftwagen eingebaut werden. Sie arbeiten je nach Beanspruchung als Dynamomaschinen oder als Motoren, sind mit Haupt- und Wendepolen ausgerüstet und besitzen eine auslösbare Umschaltvorrichtung. Batterie und Anlaßmaschinen wiegen zusammen 63,5 kg, davon entfällt auf die Batterie mit Kasten 27,2 kg; vgl. S 103.

[1]) Wogrinz, ETZ 1914, S 950; Z. Ver. D. Ing. 1914, S 1431. — [2]) Krause, Helios Exportz. 1914, S 416. — [3]) Heim, ETZ 1915, S 281. — [4]) H. Beckmann u. Heisig, ETZ 1914, S 884. — [5]) Münster, El. Kraftbetr. 1915, S 169. — [6]) Löwit, El. Kraftbetr. 1914, S 405. — [7]) El. Kraftbetr. 1914, S 593. — [8]) D. Str.- u. Klb.-Ztg. 1914, S 361, 377. — Z. Ver. D. Eisenb.-Verw. 1914, S 633. — Rev. El. 1914, H 23, S 47. — El. Rlwy. Jl. Bd 43, S 1393. — ETZ 1915, S 637. — [9]) Schröder, ETZ 1915, S 61. — [10]) Linke, El. Kraftbetr. 1915, S 181. — [11]) Wood, El. Rlwy. Jl. Bd 44, S 482. — [12]) El. Rlwy. Jl. Bd 43, S 1350. — [13]) Z. Ver. D. Eisenb.-Verw. 1914, S 1068. — [14]) El. Kraftbetr. 1915, S 43. — [15]) Anger, Z. Ver. D. Ing. 1915, S 337. — [16]) Heumann, El. Kraftbetr. 1915, S 241. — [17]) Bode, Z. Ver. D. Eisenb.-Verw. 1914, S 685. — [18]) Prometheus (Beilage) 1914, S 37. — [19]) Techn. für Alle 1915, S 168. — [20]) Cushing u. Smith, Verlag von H. C. Cushing Jr., 53 Park Row, New York. — [21]) Z. Ver. D. Ing. 1914, S 980. — [22]) El. World Bd 64, S 317. — [23]) Edison Monthly, Juni 1914, S 25. — [24]) El. Rlwy. Jl. Bd 44, S 427. — [25]) Z. Ver. D. Eisenb.-Verw. 1915, S 23. — [26]) El. Kraftbetr. 1915, S 330. — [27]) Wagenknecht, Prometheus 1914, S 520. — [28]) Helios Fachz. 1914, S 499. — [29]) Verwaltungsbericht d. Techn. Betriebsamtes der Stadt Fürth i. B. für die Berichtsjahre 1913/14. — [30]) Hübner, Glasers Annalen Bd 75, S 4. — [31]) Rosenberg, Z. Ver. D. Ing. 1915, S 380. — El. Masch.-Bau 1915, S 253. — [32]) Bach, ETZ 1915, S 291. — [33]) ETZ 1915, S 963. — Verkehrtechn. Woche 1914, Bd 8, S 29. — [34]) El. Kraftbetr. 1915, S 95. — [35]) El. Kraftbetr. 1915, S 244. — [36]) ETZ 1914, S 1094. — Scheibner, Wochenschr. Arch. Ver. Berlin 1913. — Ministerialerlaß I. D. 19942 vom 16. 1. 1912. — Mitt. Kgl. Eisenb.-Zentralamt Nr 24/25 vom 13. 6. 1914, S 277. — [37]) Elektr. 1914, S 305. — [38]) Schorrig, El. Anz. 1915, S 89. — [39]) Motorw. 1914, S 583, 589. — El. World Bd 63, S 1067. — Bd 64, S 1196. — A. Aut.-Ztg. 1914, Nr. 19, S 15. — [40]) Aut. Rundschau 1914, S 285, 309. — [41]) Z. Ver. D. Ing. 1915, S 455. — El. Masch.-Bau 1915, S 346.

---

# IX. Anwendungen der Elektrochemie.

Galvanotechnik: Galvanoplastik, Galvanostegie und elektrolytische Analyse. Von Dr. Karl Neukam, Nürnberg. — Elektrometallurgie. Von Oberingenieur Viktor Engelhardt, Berlin. — Herstellung chemischer Verbindungen und deren Verwendung. Von Prof. Dr. K. Arndt, Charlottenburg.

## Galvanotechnik.

Von Dr. Karl Neukam.

**Galvanoplastik.** Über die Struktur elektrolytisch erzeugter Kupferabscheidungen liegen zwei umfangreiche Abhandlungen von A. Sieverts und W. Wippelmann[1]) vor, von denen die erstere sich mit der Untersuchung derjenigen Niederschläge befaßt, die aus sauren Plastikbädern mit oder ohne Zusatz von Kolloidstoffen und aus alkalischen Kupferbädern erhalten werden. In der zweiten Arbeit, welche die nach den verschiedenen technisch ausgeübten Verfahren hergestellten galvanoplastischen Niederschläge behandelt, konnte festgestellt werden, daß in allen Fällen das Gefüge der Abscheidungen Kristallite aufweist, die in ihrer Längsrichtung fast stets senkrecht zur Kathode wachsen. Die galvanoplastischen Abscheidungen unterscheiden sich durch diese Erscheinungen deutlich von den anderen Kupferarten. Sowohl die aus langsam arbeitenden Bädern erzeugten Überzüge wie auch die aus Schnellbädern besitzen grobkristallinische Struktur, die namentlich bei Mustern aus den letzteren Bädern ganz unregelmäßig ist. Wenn die Niederschläge während ihrer Abscheidung mit dem Glättachat bearbeitet wurden, so zeigen sie Schichtenbildung. Hinsichtlich ihrer Ritzhärte verhielten sich die Muster je nach ihrer Herstellungsart sehr verschieden.

Von den bekanntgewordenen technischen Neuerungen aus dem Gebiet der Galvanoplastik wäre zunächst ein Verfahren von L. Heller[2]) zum Festhalten

von Metallüberzügen auf keramischen Flächen zu erwähnen, nach welchem eine gutleitende, sowohl für die Aufbringung eines Kupfer- sowie Nickelüberzugs geeignete Zwischenschicht in der Weise hergestellt wird, daß man ein streichfertiges, feingemahlenes Gemisch aus Harz, Graphit und Elfenbeinschwarz in Lein- bzw. Terpentinöl auf die keramische Oberfläche aufträgt und eintrocknen läßt. Nach dem Polieren auf Hochglanz ist diese Schicht ohne weiteres geeignet, um im galvanischen Bad mit dem entsprechenden Metallüberzug versehen zu werden. — Ähnlich ist ein Verfahren von Ch. B. Mills[3]) zum Galvanisieren nichtmetallischer Substanzen, nach welchem zunächst eine wasserdichte und säurebeständige Grundschicht aus Asphalt und Stearinsäure in methylalkoholischer Lösung aufgetragen wird. Der leitende Überzug erfolgt auf eine klebende Zwischenschicht aus Bleiglätte, Asphalt und einem Gummiharz.

Die galvanoplastische Metallabscheidung verwertet H. Welte[4]) zur Erzeugung von Metallschablonen, die zum Bemalen von Krügen, Kannen und ähnlichen Produkten der keramischen und Emailindustrie bestimmt sind. Auf einem Formgefäß wird unter Aussparung des zu schablonierenden Musters ein Kupferüberzug hergestellt und hierzu eine besondere Hängevorrichtung aus einer Kupferstange mit beweglichen Stromzuführungskappen verwendet, die über Boden und Deckel des Formkörpers greifen und dadurch die Bildung eines fehlerfreien Niederschlages auf demselben ermöglichen.

## Galvanostegie.

**Allgemeines.** Unter dem Titel: Wo stehen wir? gibt M. Schlötter[5]) einen Überblick über den gegenwärtigen Stand der elektrolytischen Metallabscheidung. Er bespricht dabei für die galvanotechnisch wichtigsten Metalle diejenigen neueren Forschungen, die auf eine Verbesserung der Eigenschaften der Niederschläge abzielen. — Zur Aufklärung der Wirkung gewisser Kolloidstoffe auf die Ionen während der Elektrolyse hat A. Mutscheller[6]) Untersuchungen angestellt und dabei gefunden, daß durch den Zusatz solcher Stoffe die relative Wanderungsgeschwindigkeit der Anionen und Kationen geändert wird. Die besten und glattesten Niederschläge an der Kathode treten dann auf, wenn die Wanderungsgeschwindigkeit der Anionen gleich Null wird und die Kationen so schnell zur Kathode gelangen, als sie zur Abscheidung kommen. Anschließend hieran wurde auch die relative Wanderungsgeschwindigkeit der Ionen in komplexen Elektrolyten geprüft, wie solche praktisch bei der Abscheidung von Silber aus zyanidischen Bädern und von Nickel und Zink aus Lösungen der Ammoniumsulfatdoppelsalze zur Verwendung gelangen. Bei komplexen Salzen, welche die Ionen in nicht oder nur schwach dissoziierte Verbindungen überführen, herrschen gleichfalls die günstigsten Abscheidungsbedingungen, wenn die Metallionen an der Kathode während der Elektrolyse konstant gehalten werden. In der kinematographischen Festhaltung der Vorgänge an den Elektroden während der Metallabscheidung wurde ein wertvolles Hilfsmittel aufgefunden, das geeignet ist, durch gleichzeitige Beobachtung der Meßinstrumente und der Niederschlagsbildung Erscheinungen aufzuklären, deren Ergründung auf anderem Wege unmöglich oder doch nur sehr schwierig zu erhoffen ist. Einzelne mikrophotographische Bilder aus einem derartigen Film finden sich in einem Aufsatz[7]) wiedergegeben, in dem die Wichtigkeit solcher Aufnahmen besprochen wird.

Wie M. Schlötter[8]) ausführt, besitzen die nach dem Schoopschen Spritzverfahren hergestellten Metallisierungen gegenüber den galvanostegisch abgeschiedenen Überzügen verschiedene Nachteile, darunter vor allem den, daß sie viel zu leicht von dem Untergrund abgezogen werden können. Die Ursache des geringen Haftvermögens liegt darin, daß die aufgespritzten Metalle das Gas, durch dessen Druck sie zerstäubt werden, absorbieren. Die nach dem alten Plattierungsverfahren erzeugten Metallüberzüge sind dem Spritzverfahren

überlegen. Gegen diese Äußerungen Schlötters wendet sich J. Pfenninger[9]), der das Schoopsche Verfahren in Schutz nimmt.

**Reinigung und Vorbehandlung.** Nach einem Vorschlag von E. Brömme[10]) sollen eiserne Gegenstände vor dem Verzinken in einer Lösung von saurem schwefelsaurem Natrium und Kochsalz abgebeizt werden. Ein derartiges Gemisch stellt sich beim Gebrauch wesentlich billiger als die sonst zu dem gleichen Zweck allgemein verwendeten Säuren. Außerdem kann hierbei die Nachbehandlung mit Kalk wegfallen. Die beim Arbeiten nach diesem Verfahren beobachtete rasche Wirkung ist darauf zurückzuführen, daß aus dem Kochsalz und Bisulfat bei Gegenwart von Eisen Salzsäure entsteht, die in statu nascendi viel energischer angreift als gewöhnliche Säure. — Zum Beizen von Metallteilen dient ferner eine Vorrichtung der Alpinen Maschinenfabrik, Ges. m. b. H., Augsburg[11]) in Form einer die Werkstücke aufnehmenden Trommel, die mit einem Kippwagen in Verbindung steht, dessen Hinterräder nach Einführung des Arbeitsgutes sich aufstellen und erst beim Wegführen über geneigte Führungsschienen sich senken und dadurch den Beizkorb selbsttätig aus dem Trog herausheben. — Hohlkörper wie Blechkannen können unter Verwendung einer der Deutschen Maschinenfabrik-A.-G. in Duisburg[12]) geschützten Vorrichtung allseitig außen und innen gleichmäßig von Zunder und Verunreinigungen befreit werden. Der Apparat ist so konstruiert, daß er das Einlegen der Waren in jeder Lage gestattet und dabei während des üblichen Auf- und Abbewegens in der Beize gleichzeitig noch eine Drehung um eine wagrechte Achse ausführt. Wird dieser Beizkorb nach den Angaben des zweiten (Zusatz-) Patentes mit seinen beiden Seiten an verschieden langen Lenkern aufgehängt, so kann an Stelle der einfachen Drehung eine stoßfreie Wipp- oder Schwingbewegung erreicht werden. — Um Bleche oder Drähte nach dem Abbeizen von anhaftenden Säuren und Schmutzteilen gründlich zu reinigen und sodann rasch zu trocknen, bringt G. Rau[13]) bei seiner Waschvorrichtung hinter dem Beizbehälter zunächst einen Waschtrog mit Bürstenwalzen an, durch welche die Waren laufen müssen, und spült sie nach dem Heraustreten aus diesem Behälter mit einem Dampf- oder Heißwasserstrahl ab, um sie schließlich an einer Düse mit Trockenluft vorbeizuführen. — Wie die Vereinigten Elektrochemischen Fabriken Markranstädt[14]) gefunden haben, eignet sich ihr in einem früheren Bericht bereits erwähntes Polierverfahren mit Zyansalzzusatz nicht für solche Metalle, welche von diesen Salzen angegriffen werden. Das Auftreten solcher Störungen läßt sich aber nach einem neueren Vorschlag derselben Firma vermeiden, wenn man der zyansalzhaltigen Polierflüssigkeit etwas Borax oder Borsäure zusetzt. — Zur Vorbehandlung von Aluminium für nachfolgende Galvanisierung soll nach J. A. Hall[15]) das Metall zunächst in einer stark salpetersäurehaltigen Beize gereinigt und dann in einem Bad aus Zinkkarbonat und Zyannatrium innerhalb weniger Sekunden mit einem dünnen Zinküberzug versehen werden, der eine genügende Unterlage abgibt für den Auftrag eines weiteren beliebigen Metallniederschlags.

**Apparate und besondere Verfahren.** Die Zahl der in diesem Berichtsjahr bekannt gewordenen Neuerungen an Galvanisierapparaten ist verhältnismäßig gering. Die der The Hanson and Van Winkle Co.[16]) geschützte Vorrichtung zum Galvanisieren von Gegenständen hat bereits im vorigen Bericht kurze Erwähnung gefunden. Sie ist nach der deutschen Patentschrift dadurch gekennzeichnet, daß zwei Transportschrauben mit entgegengesetzter Förderrichtung, auf denen die Kathodengestelle aufgehängt sind, zwischen den in drei Reihen im Bad angeordneten Anoden in gleicher Höhe drehbar gelagert sind und an dem einen Ende mit einem Übertragungsband mit Führungsfingern in Berührung stehen, welches die Waren über eine nicht drehbare gekrümmte Stange führt. — Von C. G. Miller[17]) stammt eine Galvanisiermaschine zum Überziehen von Baukonstruktionsteilen. Ein Apparat mit leicht auswechselbaren Anoden- und Kathodenplatten wird von C. N. Smith[18]) angegeben. — H. Aderer[19]) erhielt Patentschutz auf einen Behälter zum Elektroplattieren

von Ringen mit zwei an einem Wandbrett angebrachten, vertikal beliebig verstellbaren Elektrodenhaltern und einem in den Stromkreis eingeschalteten Glühlampenwiderstand. — Außerdem wären noch zu erwähnen ein Trommelapparat von H. R. Boissier[20]), sowie die aus mehreren Behältern bestehende Galvanisiermaschine von L. Schulte[21]) und ein Apparat von H. G. Allers[22]) mit mehreren kreisförmig in einem heizbaren Trog eingesetzten Galvanisiertöpfen. — Um Felgen zur Aufnahme der Gummireifen für Fahrräder und Automobile mit einem rostschützenden Zinküberzug zu versehen, der aber die Felge nur so weit deckt, als sie mit dem Gummi in Berührung kommt, verwenden die Columbus-Werke, G. m. b. H. in Ludwigshafen[23]) ein elektrolytisches Verfahren, nach welchem die Verzinkung in zwei Stufen hergestellt wird, so daß zunächst die eine Kehle der Felge und dann erst die andere mit den anstoßenden Teilen einen Überzug erhält. Die Anoden bestehen aus einem ringförmigen Zinkstreifen, der in dem von den Wänden der Kehle umschlossenen Raum gelagert und von der Kehle durch radial angeordnete isolierende Plättchen ferngehalten ist. Auf dem Zinkstreifen sind eine große Anzahl kleinerer Zinkplatten angebracht sowie Abstandshalter aus Isoliermaterial. Nach dem zweiten (Zusatz-)Patent sind die Isolierplättchen an einer Seite ausgeschnitten, so daß sie über den Anodenring aufgeschoben werden können. Das Festsitzen wird durch kleine Keile bewirkt, die in seitliche Einschnitte der Plättchen eingesteckt werden. Nach dem dritten Patent kann die Vorrichtung so konstruiert sein, daß die Anode selbsttätig während der Galvanisierung gegen die Felge verschoben werden kann. — Nach einem Patent von H. H. Field und M. Howarth[24]) werden Drähte und Bänder aus Eisen in der Weise mit einem Zinküberzug versehen, daß man sie erst in verdünnter Salzsäure von Oxydschichten reinigt; dann läuft die Ware weiter in einen zweiten Behälter, wo das anhaftende Eisenchlorid elektrolytisch entfernt wird. In einem Zinkchloridbad erfolgt darauf das Aufbringen eines dünnen galvanischen Zinküberzugs, der im schmelzflüssigen Bad verstärkt wird. — Das Vergolden gezogener Drähte beschreibt G. Nikolaus[25]), der auch praktische Winke gibt für die Behandlung der feinen, abgespult durch das Bad laufenden Drähte. — Ein guter Überblick über die bisher zur Herstellung und Versteifung der Bleibrücken von Glasmalereien vorgeschlagenen galvanischen Verfahren findet sich in dem Aufsatz von F. Huth[26]) über Mosaikverglasung und Galvanotechnik, in dem besonders die Verfahren von J. und P. von der Forst, Storr und Stein und Moldenhauer besprochen werden. — Verwiesen sei ferner auf die Beschreibung[27]) eines Verfahrens zur Musterung von Metallgegenständen durch galvanisches Vernickeln und auf eine Abhandlung[28]) über das Auftragen einer galvanischen Metallschicht auf Spiegelbeläge, wie dies neuerdings vielfach zum Schutze der oft nur Bruchteile von Tausendstel von Millimetern dicken Silberschichten angewandt wird.

**Bäder und Niederschläge.** Die große Bedeutung, welche heute der elektrolytischen Ausfällung von Eisen sowohl für die Herstellung dünner Überzüge, als auch für dickwandige, galvanoplastische Abscheidungen zukommt, läßt es begreiflich erscheinen, daß zur Vervollkommnung der bisherigen Methoden immer wieder neue Vorschläge in großer Zahl auftauchen. — H. Oettinger[29]) empfiehlt zur Darstellung galvanischer Niederschläge von Eisen und Eisenlegierungen Bäder, die mit Alkali- oder Erdalkalikarbonaten bzw. Bikarbonaten bis zur Neutralisation versetzt sind. Er erzielt beispielsweise aus Bädern, denen kohlensaure Magnesia und Borsäure zugesetzt sind, schöne, hellfarbige Niederschläge. — Nach K. Harbeck[30]) kann man schmiedbares Eisen von beliebiger Dicke niederschlagen, wenn man das vollständig neutral gehaltene Elektrolyt aus kieselfluorwasserstoffsaurem Eisen auf mindestens 70$^0$ anwärmt. Obgleich dieses Verfahren durch den sehr geringen Stromverbrauch erheblich billiger arbeiten soll als die bisher bekannten, so ist doch das erhaltene Produkt von sehr guten Eigenschaften. — Bei dem Verfahren von Sh. O. Cowper-Coles[31]) wird dem Elektrolyt Eisen in Schwammform zugesetzt und während der Ab-

scheidung stark gerührt. Dadurch hält sich das feinverteilte Eisen lange Zeit gleichmäßig in dem Bad in Suspension und die freiwerdende Säure kann möglichst rasch abgestumpft werden. — L. Guillet[32]) berichtet über verschiedene Methoden zur Herstellung von Elektrolyteisen, besonders über ein neueres französisches Patent, bei welchem mit einer neutralen Lösung von Ferrosulfat und einer beweglichen Kathode gearbeitet wird. — Anschließend hieran sei auf eine Veröffentlichung von R. Kremann und J. Lorber[33]) hingewiesen; sie teilen ihre Versuche mit der Elektrolyse von gemischten Eisen- und Magnesiumsalzlösungen mit, die deswegen Interesse verdienen, weil die aus glyzerinhaltigen Lösungen erzielten Kathodenprodukte pyrophore Eigenschaften besitzen. Wird das Chlormagnesium durch Zersalze ersetzt, so erhält man, wie R. Kremann[34]) ausführt, Niederschläge, die schon bei sehr niedrigen Zerbeimengungen das Funkenphänomen zeigen.

Die Beschlagnahme des Nickels hat plötzlich die bisher praktisch bedeutungslose Verkobaltung als Ersatz für die Vernicklung in den Vordergrund des Interesses gerückt. Daher erscheint die Veröffentlichung der Versuche begrüßenswert, die H. T. Kalmus, C. H. Harper und W. C. Lavell[35]) mit verschiedenen Kobaltbädern und den daraus gewonnenen Abscheidungen angestellt haben. Für die Bedürfnisse der Praxis sind nach ihrer Erfahrung besonders zwei Bäder brauchbar, von denen das erste eine Lösung von Kobaltammoniumsulfat enthält, während das zweite borsäurehaltig ist.

Gegen das Durchrosten von vernickelten Gegenständen[36]), das in den meisten Fällen seinen Grund in einer fehlerhaften Vorbehandlung der Waren hat, wird als zweckdienliche Maßnahme das Aufbringen einer Kupferzwischenschicht auf die Eisengrundlage empfohlen. Um die Stärke von Vernicklungen schätzungsweise festzustellen, hat M. Pontio[37]) ein Verfahren ausprobiert, bei welchem ein Gemisch von Königswasser und Wasserstoffsuperoxyd auf den Überzug gebracht und der Zeitpunkt festgestellt wird, bei dem die Vernicklung bis zu der Kupfer- oder Eisengrundschicht durchfressen ist. — Die in den Vernicklungsanstalten anfallenden Reste von Nickelanoden lassen sich, wie die Prest-O-Lite Co.[38]) angibt, dadurch möglichst gut ausnützen, daß man sie autogen zu neuen Platten zusammenschweißt. — Vor dem Ersatz des Zyankupfers in Verkupferungsbädern durch andere billigere Kupfersalze warnt C. Weber[39]), da man mit Zyankupfer doch sowohl hinsichtlich des Stromverbrauches als auch der Beschaffenheit des Kupferniederschlages am vorteilhaftesten arbeitet. — Zur Kontrolle von Elektrotypiebädern werden in einer Mitteilung des amerikanischen Bureau of Standards[40]) geeignete Vorschriften über die Bestimmung der Dichte und des Säuregehaltes solcher Bäder gegeben.

Zur Bestimmung und Begrenzung des Gewichts galvanischer Niederschläge kann ein von den Vereinigten Elektrochemischen Fabriken Markranstädt[41]) konstruierter, sehr genau arbeitender Amperestundenzähler Verwendung finden, dessen Zählwerk von Hand auf die gewünschte Metallmenge bzw. Amperestundenzahl eingestellt wird, und den man dann rückläufig auf Null arbeiten läßt.

## Elektrolytische Analyse.

Während in den Fortschrittsberichten der Vorjahre stets einer größeren Zahl von Vorschlägen zu gedenken war, die sich auf Neuerungen der Apparatur und insbesondere auf das Elektrodenmaterial bezogen, fehlen diesmal derartige Veröffentlichungen gänzlich.

Daß elektrochemische Fällungen zu den genauesten quantitativen Arbeiten, welche die chemische Forschung kennt, nämlich zu Atomgewichtsbestimmungen mit gutem Erfolg herangezogen werden können, geht aus der Arbeit von G. P. Baxter und M. L. Hartmann[42]) hervor, welche zur Feststellung des Atomgewichtes von Kadmium die elektrolytische Bestimmung aus Kadmiumchloridlösung verwandten und damit den Beweis erbrachten, daß die zu den gleichen Zwecken von Perdue u. Hulett[43]) sowie von Laird u. Hulett[44]) vorgenom-

menen Elektrolysen von Kadmiumsulfat und die von Quinn u. Hulett[45]) ausgeführten Untersuchungen nicht einwandsfrei sind, da bei ihnen nicht von absolut reinem Material ausgegangen wurde. Auf die Feinheiten der Untersuchungsmethoden und auf eine Beschreibung der zu den Elektrolysen benützten Zellen kann hier nicht näher eingegangen werden.

Die Ermittlung kleinster Mengen von Kupfer, Silber und Quecksilber führen E. H. Riesenfeld u. H. F. Möller[46]) mittels einer mikroanalytischen Methode durch, die noch erlaubt, einen Gehalt von 0,5 mg Metall im Liter Lösung mit einer Genauigkeit von 0,5% festzustellen. Das Kupfer und Quecksilber wird dabei aus salpetersaurer Lösung gefällt, während die Silberbestimmung in einer mit Alkohol versetzten Salpetersäure vorgenommen wird. Zur Erzielung brauchbarer Resultate ist es unbedingt erforderlich, die als Zusatzelektrolyte verwendeten Säuren vorher zu destillieren und während der Ausfällung stark zu rühren. Als Elektroden dienen Platinfolien, die an dünnen aufgeschweißten Drähten hängen. Zur Schnellfällung von Zinn empfiehlt L. Humphreville[47]) eine Schwefelammoniumlösung, der etwas Natriumsulfit zugesetzt ist. Mit diesem Elektrolyt soll vorteilhafter zu arbeiten sein als mit der von R. L. Halett[48]) angegebenen oxalsauren Lösung. — Wie A. Gutbier[49]) gemeinsam mit C. Fellner und R. Emslander festgestellt hat, läßt sich die Abscheidung von Palladium unter gleichzeitiger Trennung von Zinn sowohl in erwärmter Schwefelsäure als auch in Ammoniak ausführen, wobei gerade nach der letzteren Methode der Palladiumniederschlag in guter platinähnlicher Form erhalten werden kann und auch die anschließende Zinnbestimmung einwandsfreie Resultate ergibt.

Über die elektrolytische Bestimmung von Kupfer und Zink im Messing hat B. Koch bereits früher[50]) nähere Angaben gemacht. Nunmehr beschreibt er[51]) eine Abänderung seiner Methode, die sich hauptsächlich auf die Abscheidung des Zinks aus dem natronalkalischen, mit Zyankali versetztem Elektrat des Kupfers bezieht. An die erste Veröffentlichung Kochs knüpft auch W. Theel[52]) an, der für Laboratorien, denen keine Einrichtungen mit Stromstärken bis zu 9 A zur Verfügung stehen, den Vorschlag macht, die Kupferfällung mit höchstens 2 A ohne Erwärmung der Lösung auszuführen. — Zur elektroanalytischen Trennung von Zink, Kupfer und Eisen, sowie kleiner Mengen Blei von fünfwertigem Arsen verwenden A. K. Balls und C. Mc. Donnell[53]) stark alkalihaltige Lösungen, denen für die Zinkabscheidung etwas Glyzerin und Alkohol und für die Eisen- und Kupferbestimmung Weinsäure zugesetzt wird.

Bei der von L. W. Mc Cay[54]) angegebenen Trennung von Kupfer und Blei, von Zinn und Antimon wird die Erfahrung verwertet, daß selbst geringe Mengen von Flußsäure die Hydrolyse der Zinn- und Antimonsalzlösungen sehr stark zurückzudrängen vermögen, so daß auch durch die Einwirkung des Stromes eine Ausscheidung nicht eintritt. Kupfer und Blei lassen sich auf diese Weise aus saurer Lösung von den genannten Metallen trennen. Elektroanalytische Einzelbestimmungen von Metallen der Gruppe der seltenen Erden beschreiben L. M. Dennis und B. J. Lemon[55]) und zwar besonders solche für Lanthan unter gleichzeitiger Trennung von Dydim und den Yttererden. Nach dem Vorschlage von E. W. Schoch und F. J. Brown[56]) kann eine vollständige Trennung der Metalle der 2. Gruppe elektrolytisch durchgeführt werden. Die Tatsache, daß es gelingt, sieben Metalle in einem einzigen Analysengang nacheinander abzuscheiden und zu bestimmen, spricht deutlich für die hohe Vervollkommnung, welche die elektroanalytischen Methoden bereits erreicht haben.

[1]) Sieverts u. Wippelmann, Z. anorg. Chem. Bd 91, S 1; Bd 93, S 287. — [2]) Heller, DRP 286537, Kl 48a; USP 1126211. — [3]) Mills, USP 1144226. — [4]) Welte, DRP 283081, Kl 48a. — [5]) Schlötter, Metall Bd 1915, S 8, 26. — [6]) Mutscheller, Met. Chem. Eng. 1915, S 353, 441. — [7]) Elchem. Z. Bd 21, S 243. — [8]) Schlötter, Prometheus Bd 26, S 260. — [9]) Pfenninger, Pro-

metheus Bd 26, S 472. — [10]) Brömme, DRP 285923, Kl 48d. — [11]) Alpine Masch.-Fabr. Augsburg, DRP 281528, Kl 48d. — [12]) Deutsche Maschinenfabrik A.-G. Duisburg, DRP 285441, 286725, Kl 48d. — [13]) G. Rau, DRP 284557, Kl 48d. — [14]) Ver. elektrochem. Fabr. Markranstädt, DRP 284558, Kl 48d. — [15]) Hall, USP 1147718. — [16]) The Hanson & Van Winkle Co., DRP 289033, Kl 48a. — [17]) C. G. Miller, USP 1128481. — [18]) C. N. Smith, USP 1129241. — [19]) Aderer, USP 1148272. — [20]) Boissier, USP 1154604. — [21]) Schulte, USP 1154660. — [22]) Allers, USP 1144680. — [23]) Columbus-Werke Ludwigshafen, DRP 281499, 283399, 286104, Kl 48a. — [24]) Field u. Howarth, USP 1133628. — [25]) Nikolaus, Elchem. Z. Bd 21, S 277. — [26]) Huth, Elchem. Z. Bd 22, S 63. — [27]) Elchem. Z. Bd 22, S 135. — [28]) Electr. (Ldn.) Bd 76, S 19. — 29) Oettinger, DRP 284608, Kl 48a. — [30]) Harbeck, DRP 288660, Kl 18b; EP 1437 (1914). — [31]) Cowper-Coles, USP 1127966. — [32]) Guillet (nach Rev. Métall. 1915), El. World Bd 66, S 821. — [33]) Kremann u. Lorber, Wiener Monatshefte Bd 35, S 1387. — [34]) Kremann, Metall Bd 1915, S 72 u. 97. — [35]) Kalmus, Harper u. Lavell, J. Ind. Eng. Bd 7, S 379. — Metall 1915, S 166. — [36]) Elchem. Z. Bd 21, S 279. — [37]) Pontio, Compt. rend. Bd 161, S 175. — [38]) Prest-O-Lite Co., Eng. Min. Journ. Bd 100, S 19. — [39]) C. Weber, Met. Chem. Eng. 1915, S 255. — [40]) Met. Chem. Eng. 1915, S 258. — [41]) Ver. elektrochem. Fabr. Markranstädt, DRP 287338, Kl 48a. — [42]) Baxter u. Hartmann, J. Am. Chem. Soc. Bd 37, S 113. — Z. anorg. Chem. Bd 92, S 53. — [43]) Perdue u. Hulett, J. physikal. Chem. Bd 15, S 1579. — [44]) Laird u. Hulett, Trans. Am. Elchem. Soc. Bd 22, S 385. — [45]) Quinn u. Hulett, J. physik. Chem. Bd 17, S 780. — [46]) Riesenfeld u. Möller, Z. Elchemie Bd 21, S 137. — [47]) Humphreville, Eng. Min. J. Bd 98, S 964. — [48]) Halett, Eng. Min. J. Bd 98, S 954. — [49]) Gutbier, Z. anal. Chem. Bd 54, S 208. — [50]) Koch, Chemikerztg. Bd 37, S 873. — [51]) Koch, Chemikerztg. Bd 39, S 215. — [52]) Theel, Chemikerztg. Bd 39, S 179. — [53]) Balls u. Donnell, J. Ind. Eng. Chem. Bd 7, S 26. — [54]) Mc Cay, J. Am. Chem. Soc. Bd 36, S 2373. — [55]) Dennis u. Lemon, J. Am. Chem. Soc. Bd 37, S 131. — [56]) Schoch u. Brown, Eng. Min. J. Bd 100, S 521.

---

## Elektrometallurgie.

Von Oberingenieur Viktor Engelhardt.

### Eisen.

**Roheisen.** Neumann[1]) hat für den bekannten Elektrohochofen nach Grönwall in Trollhättan eine Wärmebilanz aufgestellt und dieser die Durchschnittsergebnisse rein thermischer Roheisenhochöfen gegenübergestellt. Er kommt dabei zu den nachstehenden Vergleichszahlen:

| | im Hochofen | im elektr. Ofen |
|---|---|---|
| ohne Gas . . . . . . | 49,78% | 52,88% |
| mit Gas . . . . . . | 88,16% | 82,80%. |

Die Wirkungsgrade der beiden Ofentypen sind also ziemlich ähnlich. — Eigentlich müßte man nicht, wie oben geschehen, einen Koks-, sondern einen Holzkohlenhochofen zum Vergleich heranziehen, doch liegen für einen solchen keine einwandsfreien Wärmebilanzen vor. — Ein Elektrohochofen von Helfenstein[2]) mit einer möglichen Energieaufnahme von 9000 kW ist in Domnarfvet seit 1913 im Betrieb. Die wichtigsten Verbrauchszahlen für die Tonne Roheisen sind:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Bei Holzkohle: | 2000 kWh, | 300—400 kg Kohle, | 7 kg Elektroden |
| „ Koks: | 2400 „ | 300—330 „ Koks, | 7 „ „ |

Die bezüglichen Zahlen für den Grönwallschen Ofen sind günstiger. — Demgegenüber führt Helfenstein als Vorzüge seines Systems an: Geringere Anlagekosten, leichte Regulierbarkeit, wertvollere Gase, geringere Löhne und

größere Möglichkeit, der stückigen Beschickung Schliche zuzusetzen. — Die Möglichkeiten und örtlichen Bedingungen der elektrischen Roheisenerzeugung in verschiedenen Ländern wurden mehrfach besprochen. In Norwegen hat sich der Grönwallsche Ofen für Koksbetrieb nicht bewährt, während der Tinfossche Ofen noch weiter arbeitet.[3]) Man erzeugt dort im Mittel 10000 t Elektroroheisen im Jahr. Die betreffenden Öfen besitzen eine längliche Bodenelektrode, darüber zwei aus je vier Einzelstäben gebündelte Elektroden als zweiten Pol. Je zwei Erzfüllschächte zu beiden Seiten der oberen Kohlenbündel führen die Beschickung zu. Als Reduktionsmaterial wird Koks anstandslos verwendet. Die Selbstkosten für das Roheisen werden mit 73 bis 75,5 M/t beziffert, ohne daß aber der Kraftpreis angegeben wäre.

Einzelheiten über die Verhältnisse in Schweden bringt ein Bericht Lefflers vor dem „Jernkontoret“[4]), in welchem besonders die mitgeteilten Anlagekosten von Interesse sind.

**Stahl und Flußeisen.** Zu Beginn des Berichtsjahres sollen[5]) im ganzen 213 Elektrostahlöfen im Bau oder Betrieb gewesen sein. Hiervon entfallen auf Deutschland und Luxemburg 46, welche sich auf die einzelnen Systeme wie folgt verteilen: Héroult 19, Induktion 16, Girod 6, Nathusius 2, Strahlungsofen 2, Keller 1. — Die Entwicklung der deutschen Elektrostahlindustrie konnte auch durch den Krieg nicht aufgehalten werden. Die Produktion hatte im Juli 1914 vor Kriegsausbruch rd. 10000 t im Monat erreicht und sank im August 1914 auf nicht ganz 3000 t. Es setzte jedoch sofort eine wesentliche Produktionszunahme ein, so daß das Jahr 1915 im Januar schon mit einer Produktion von rd. 7500 t beginnen konnte, die bis Oktober 1915 auf 14500 t anstieg, also die Produktion vor Kriegsausbruch weit überholte. Natürlich spielt dabei der erhöhte Bedarf an Kriegsmaterial eine wesentliche Rolle.

Allgemeine Erörterungen über die Anwendung der Elektroöfen und deren wirtschaftliche Grenzen bringen Muntz[6]) insbesondere über Herstellung von Elektrostahlformguß in den Vereinigten Staaten, Johnson[7]), welcher die Frage der Elektroschienen wieder anschneidet, und Robertson[8]) mit allgemeinen Angaben über den Chargengang. — Mit der fortschreitenden Entwicklung der Elektroöfen gewinnt deren wirtschaftlicher Vergleich mit dem Siemens-Martin-Ofen immer mehr an Bedeutung. Cornell[9]) hält nach amerikanischen Verhältnissen bei Herstellung von Handelsstahl die Konkurrenz des Elektroofens gegen den Martinofen nur dann für möglich, wenn die kWh für weniger als 0,5 Pf erzeugt werden kann, während sie in den Vereinigten Staaten aus Hochofengas erzeugt im Durchschnitt 3 Pf kostet. Bei Herstellung von Stahlformguß im Elektroofen hebt Kranz[10]) als größten Vorteil die Gleichmäßigkeit des Materiales gegenüber den Erzeugnissen des Martinofens hervor.

Humbert und Hethey[11]) haben die Frage der direkten Stahlerzeugung aus Erz wieder untersucht. Sie kommen bei Verwendung verschiedener Erze und je nach dem erzeugten Produkt (hart, weich und Schienenstahl) auf einen Verbrauch von 2460 bis 2700 kWh und 32 bis 36 kg Elektroden auf 1 t. Das starke Aufwallen des Einsatzes bei dieser Arbeitsweise macht besondere Ofenkonstruktionen erforderlich. Das erzeugte Material zeichnet sich durch große Zähigkeit und Abwesenheit von H und N aus. — Über den Héroult-Ofen finden wir, abgesehen von einer allgemeinen Propagandaschrift[12]), neuere Mitteilungen von Hansen[13]), welcher Resultate über die Herstellung von Stahlformguß in einem 2 t-Drehstromofen bei der Treadwell Engineering Co. in Easton, Pa. veröffentlicht. Es werden bei kaltem Einsatz 15 Beschickungen von durchschnittlich 2300 kg in der Woche mit einem Kraftverbrauch von 900 kWh und 12 M Elektrodenkosten für die Tonne abgestochen. Das mittlere Gußgewicht beträgt 4,5 kg, das Ausbringen an fertigem Guß 60%, die Zustellungsdauer 35 Beschickungen. — Rennerfeldt[14]) und Stobie[15]) berichten ausführlich über ihre Ofensysteme. Letzterer will die elektrische Erhitzung mit einer solchen durch Gas oder Öl kombinieren und dadurch an Strom sparen und die neutrale Atmosphäre sicherer aufrecht erhalten. Auch das Warmhalten des Ofens

und das Einbrennen neuer Zustellungen soll durch Gas erfolgen. — Den Elektrostahlofen von „Elektrometall" (Grönwall, Lindblad und Stålhane) mit Scottscher Schaltung, leitendem Ofenboden und darüber gestampftem Leiter zweiter Klasse beschreibt Robertson.[16])

Die Electric-Staalverk A. S.[17]) in Jörpeland bei Stavanger raffiniert in einem Induktionsofen System Röchling-Rodenhauser Martinmaterial mit 0,07 P, 0,03 S und 0,10 bis 0,15 C auf 0,023 bis 0,010 P und 0,018 bis 0,008 S bei beliebigem Kohlenstoffgehalt im Endprodukt. — Chetwind[18]) verlegt den elektrischen Reinigungsprozeß in die Pfanne, in welcher der Stahl zwecks Entgasung und Abscheidung von Schlacke noch einige Zeit erhitzt werden soll. Die Pfanne enthält eine Bodenelektrode und zwei obere Elektroden. Die Betriebsspannung von 50 bis 100 V wird durch Eintauchen der oberen Elektroden in die Schlacke reguliert. Die angegebenen Zahlen für Kraft- und Elektrodenverbrauch sind ersichtlich viel zu niedrig.

Rennerfeldt[19]) hat seinen bekannten Strahlungsofen auch in Deutschland geschützt bekommen. Die Fried. Krupp A.-G.[20]), welche bekanntlich in Essen neben ihren großen Fricköfen auch einen Girodofen betreibt, hat sich verschiedene Einzelheiten an diesem schützen lassen, so z. B. eine Ofenelektrode mit metallischem, gekühltem Kopf, bei welchem Funkenbildungen durch leichtflüssige Legierung ausgelöscht werden, eine gekühlte Bodenelektrode, bei welcher die Kühlringe außerhalb der Stromanschlüsse, diese also zwischen der eigentlichen Bodenelektrode und den Kühlkörpern liegen, endlich eine Ofenkonstruktion, bei welcher die Elektrode durch einen in den Ofendeckel eingelassenen Saumring hindurchgeführt wird, wodurch sich ein besserer Abschluß der Elektrodendurchführung ergibt. — Bei dem Verfahren von Brüstlein[21]) zur Herstellung des Futters elektrischer Induktionsöfen wird als Stampfschablone direkt ein Ring des zu schmelzenden Metalles von der Form der sekundären Rinne verwendet und bei der ersten Beschickung eingeschmolzen. — Walker[22]) will bei dem kombinierten Verfahren zwischen rein thermischem und elektrischem Ofen wirtschaftliche Vorteile erreichen, wenn das Verblasen im Konverter unterbrochen wird, während noch ein größerer Teil des Mangans vorhanden ist. Nach Ausgleich des Mangangehaltes im Mischer wird in den Elektroofen überführt, in welchem das noch vorhandene Mangan einen großen Teil der Desoxydation bestreitet.

**Ferrolegierungen.** Das Einschmelzen von Ferromangan im elektrischen Ofen hat sich bekanntlich in den deutschen Thomaswerken sehr gut bewährt und rasch eingeführt. Rodenhauser[23]) hat über diesen Gegenstand ein recht ausführliches Buch veröffentlicht, welches für Stahlwerker, aber auch für die Vorsteher der elektrotechnischen Betriebe in den betreffenden Hütten von großem Wert sein dürfte. Es behandelt, außer den nicht elektrischen Ölöfen, die Elektroöfen so weit, als sie für diesen Spezialzweck verwendet werden, also die Bauarten von Rombach, Keller, Girod, Héroult, Nathusius und Röchling-Rodenhauser. Es enthält Betriebsergebnisse der einzelnen Öfen und deren Vergleiche und zwar der verschiedenen Lichtbogenöfen untereinander und dieser zusammengefaßt gegenüber dem Induktionsofen. Der Schluß des Buches behandelt die Wirtschaftlichkeit des Ferromanganschmelzens und bringt eine Liste der nach den verschiedenen Systemen gebauten Anlagen. — Die Rombacher Hüttenwerke und J. Bronn[24]) verwenden beim elektrischen Einschmelzen von Ferromangan zwischen einer Lichtbogenelektrode und dem Metallbad eine Spannung, die unter 30 V liegt. Es werden dadurch Manganverluste durch Verdampfung vermieden. — Die Gesellschaft für Elektrostahlanlagen m. b. H. und Rodenhauser[25]) stellen Elektroöfen für den gleichen Zweck mit hochkohlenstoffhaltigen Wänden zu, damit die Ferrolegierung nicht in die Zustellung eindringt. Beim Anheizen mit Heizringen muß schon genügend Kohlenstoff zugegeben werden, damit dieser nicht aus der Zustellung herausgelöst wird. — Die Verwendung des Rennerfeldtofens für das Umschmelzen von Ferromangan bespricht Sahlin[26]). Die an-

gegebenen Zahlen dürften aber zu günstig sein und kaum den Durchschnitt längerer Betriebsperioden betreffen. — Keeney[27]) veröffentlicht verschiedene Angaben über das elektrische Erschmelzen von Ferrochrom. Er bespricht die Zusammensetzung der Erze und des erschmolzenen Produktes bei verschiedenen Kohlenstoffgehalten und bringt übersichtliche Tabellen über vergleichende Herstellungskosten in den derzeit wichtigsten Erzeugungsländern, in Norwegen, Frankreich und den Vereinigten Staaten. — Demnach schwanken die Herstellungskosten für 1 t 60proz. Ferrochrom mit 8 bis 10% C je nach dem Kraftpreise zwischen 207 und 300 M.

**Elektrolyteisen.** Nach Guillet[28]) reichen die Versuche über die elektrolytische Eisenfällung bis in das Jahr 1860 zurück. Eigentliche industrielle Versuche beginnen 1900 mit Merck (Elektrolyt konz. $FeCl_2$) und werden 1904 von Burgeß und Hambuchen ($FeSO_4 \cdot (NH_4)_2 SO_4$), 1905 von Maximovitch (Zusatz von $MgSO_4$), Förster (95° C, leicht saures $FeSO_4$), 1907 von Cowper-Coles (sulfokresolsaures Eisen), 1909 von Fischer und Langbein-Pfannhauser (Zusatz von $CaCl_2$) fortgesetzt. 1910 erzeugte „Le Fer" in Grenoble aus neutralen Lösungen mit rotierenden Kathoden und mit einem Kraftaufwand von 0,5 kW Jahr für die Tonne ein Material mit 0,004% C, 0,007% Si, 0,006% S und 0,008% P. Es war spröde, wasserstoffhaltig und mußte ausgeglüht werden, wobei die Härte von 193° Brinell auf 90 fiel bei 30,9 bis 32,8 kg/mm² Festigkeit und 40 bis 42% Dehnung. Der spez. Widerstand eines Materials, welches nur unbestimmbare Mengen C, 0,025% P und 0,011% As enthielt, betrug 10,22 Mikrohm/cm³. Die Herstellungskosten betrugen 120 bis 150 M/t bei Wasserkraft von 0,5 Pf für 1 kWh.

Harbeck[29]) schlägt die Verwendung von kieselfluorwasserstoffsaurem Eisen als Elektrolyt vor und will bei 0,25 bis 0,3 V und 2 bis 3 A/cm² schmiedbares Eisen von beliebiger Dicke erhalten. — Reed[30]) behält Eisensulfatlösung als Elektrolyt bei, verwendet aber feinverteiltes Blei als Anode, um nach der Gleichung

$$Pb + FeSO_4 = Fe + PbSO_4$$

die Entstehung von Wasserstoff und dadurch eines spröden Niederschlages an der Kathode zu vermeiden. — Tischenko[31]) verwendet doppelwandige, durch Luft oder Dampf heizbare Kathoden, um diese bei höherer Temperatur als der des Elektrolyts zu halten. — Der gleiche Erfinder schlägt zusammen mit Plauson[32]) vor, das elektrolytisch raffinierte Eisen im Vakuum einzuschmelzen und durch das geschmolzene Metall chemisch reine Kohlenwasserstoffe durchzudrücken und so nur die gewünschte Kohlung ohne weitere Verunreinigungen durchzuführen.

## Sonstige Schwermetalle.

Die Frage der günstigsten Lösung großer Gleichstromanlagen für elektrometallurgische Zwecke sowie der Kraftkosten wird von verschiedenen Seiten, insbesondere mit Rücksicht auf amerikanische Verhältnisse besprochen. So z. B. von Addicks[33]), Horry[34]), Longwell[35]) und Newbury[36]). Letzterer hebt besonders die Schwierigkeiten in der Konstruktion von Generatoren für hohe Stromstärken und niedere Spannungen hervor. Man fordert heute schon oft Stromstärken bis zu 10000 A ohne über 250 V hinausgehen zu können. Dazu kommt die Erfordernis des ununterbrochenen Betriebes bei Vollast. — Es werden die zwei prinzipiell verschiedenen Fälle verglichen, daß die Verbrauchsstelle nahe oder entfernt von der Kraftstation ist. Es wird hierbei die Ausnützung einer Wasserkraft von 88000 kW bei 250 Fuß Gefälle verglichen,

| | Gleichstrom | Wechselstrom |
|---|---|---|
| Dynamos . . . . . . . . . | 19 × 5000 kW 250 V | 8 × 12500 kVA |
| | 170 t | 277 t |
| Gebäudelänge . . . . . . . | 700 Fuß | 250 Fuß |

Nutzeffekte:

| | | |
|---|---|---|
| Turbinen . . . . . . . . . . | 80% | 89% |
| Generatoren . . . . . . . | 95% | 96% |
| Leitung bei 2000 Fuß . . . | 92% | 99,5% |
| Ruhende Transformatoren . | — | 98,6% |
| Rotierende Umformer . . . | — | 96% |
| Niederspannungsleitung. . . | — | 99,6% |
| Gesamtwirkungsgrad . . . . | 69,7% | 80,1%. |

Harrington[37]) veröffentlicht nähere Angaben über die Beleuchtung großer Raffinerien und galvanischer Anstalten. Bei Verwendung von Wolframlampen zu 150 W hat man bei 6 m Lampenhöhe einen Verbrauch von 1,9 $W/m^2$, bei Wolframlampen zu 250 W mit Porzellanemailreflektoren 4,5 $W/m^2$ bei gleicher Lampenhöhe. Für galvanische Anlagen rechnet man im Durchschnitt mit 4,4 $W/m^2$.

**Kupfer und dessen Legierungen.** Die Entwicklung der elektrolytischen Kupferraffination ist nach Franke[38]) eine der gewaltigsten der modernen Wirtschaftsgeschichte. Die Produktion hat sich von 1897 bis 1913 versechsfacht. 1897 wurde $^1/_4$ der Weltproduktion an Kupfer elektrolytisch raffiniert, 1913 stieg dieser Anteil auf $^2/_3$. 1897 wurde noch amerikanisches Rohkupfer nach England zur Raffination geschickt, während 1913 13% der Weltproduktion nach den amerikanischen Raffinationsstätten eingeführt wurde. Die elektrolytische Raffination wird beinahe ausschließlich in den Vereinigten Staaten ausgeführt, während sie in Europa nur wenig ausgebildet ist. Die Hauptursache ist wohl der Edelmetallgehalt des amerikanischen Rohkupfers, welcher die Raffinationskosten deckt. — Nielsen[39]) behandelt die Frage mehr von der metallurgischen Seite der Vorarbeiten bis zum Gießen der Anoden. Zu dem bekannten Verfahren von Hayden, bei welchem die Rohkupferplatten bipolar geschaltet sind, macht Altneder[40]) verschiedene Vorschläge. Technisch Neues ist über die elektrolytische Kupferverfeinerung wenig zu berichten. Bei der Regeneration des Elektrolyts fällen Martin und Jaeger[41]) das Kupfer mit unlöslichen Anoden aus, dampfen ein, reduzieren die Arsensäure zu arseniger Säure und fällen diese durch Verdünnung und Abkühlen. Pyne und Greene[42]) wollen die bei ruhendem Elektrolyt auftretende Schichtenbildung verwenden, um die kupferreichen Laugen stets im Kreislauf zu halten, während die darüberstehenden kupferarmen Schichten ständig dem Kreislauf entzogen und aufgearbeitet werden. Addicks[43]) behandelt eingehend die Ursachen der im Kathodenkupfer auftretenden Verunreinigungen durch As, Sb, Fe, Zn, Ni, Pb, Se, S, Te, Ag und Au, die teils elektrolytisch mitgefällt, teils mechanisch eingeschlossen sein können. Besonders eingegangen wird auf die Gehalte an As und Ni und deren Einfluß auf das Kathodenkupfer.

Die Frage der direkten elektrolytischen Kupfergewinnung, sei es aus natürlichen oder durch Röstung erhaltenen oxydischen Erzen, gewinnt, wieder insbesondere für die Vereinigten Staaten, immer mehr an Bedeutung. Eine eingehende Besprechung der Frage hat in der American Electrochemical Society[44]) stattgefunden, zu welcher Besprechung die bekanntesten auf diesem Gebiete tätigen Fachleute, wie Ricketts, Wedge, Smith, Van Arsdale, Bacon, Pope, Channing, Canby, Lamb, Addicks, Dorr und Richards Beiträge lieferten. Die wichtigsten Fragen bei dieser Arbeitsweise betreffen die Unschädlichmachung des mit in Lösung gehenden Eisens und das Anodenmaterial. Addicks[45]) benützt die depolarisierende Wirkung des $FeSO_4$ an Kohlenanoden, setzt dem Elektrolyt $Al_2(SO_4)_3$ zu, wodurch die Wiederlösung von Kathodenkupfer durch $Fe_2(SO_4)_3$ verzögert wird, und reduziert letzteres mit $SO_2$ außerhalb des elektrolytischen Bades. Van Arsdale[46]) reduziert das Eisen mit $SO_2$ im Bade selbst, doch darf man nicht so weit mit der Kupferfällung gehen, daß sich an der Kathode H entwickelt. Es wird sonst $SO_2$ zu $H_2S$ reduziert und schädliches Schwefelkupfer gebildet. — Nach

Perreur-Lloyd[47]) wird $SO_2$ ausgetrieben, wenn man die erforderliche Badmischung durch Einblasen von Luft bewirkt. Er fällt daher mit drehenden Anoden und festen Kathoden. Man soll dann bei Stromdichten von 100 $A/m^2$ an der Kathode noch gutes Kupfer selbst bei Gehalten bis zu 0,1% Cu im Elektrolyt erhalten. — Hybinette[48]) trennt die Laugung und Elektrolyse in je zwei Stufen. Er laugt zuerst mit ferrisulfatarmen Lösungen und elektrolysiert ohne Diaphragma, worauf der Erzrückstand mit ferrisulfatreicheren Lösungen gelaugt wird und die Fällung mit Diaphragma erfolgt. Als Diaphragma verwendet er einen Bleirahmen mit säurebeständiger loser Faser, welche als Filter wirkt. Dabei werden die eisenoxydsulfathaltigen Laugen nur zur Anode und von dieser wieder abgeführt. Durch das Diaphragma wandern $CuSO_4$ und $FeSO_4$ viel rascher als $Fe_2(SO_4)_3$. Es wird also die Wiederauflösung des Kathodenkupfers durch $Fe_2(SO_4)_3$ verzögert.

Welbourn[48a]) bespricht die Eigenschaften von Elektrolytkupfer bezüglich Walzen, Ziehen, Löten, die englischen Vorschriften betreffend Kupferleiter, Elastizität, Festigkeit und Einfluß der Temperatur auf letztere. Nach Lyon und Keeny[49]) werden durch das Einschmelzen im Flammofen wieder Verunreinigungen in das Elektrolytkupfer gebracht, welche die Leitfähigkeit herabsetzen. — Man sollte daher einen Schmelzprozeß in neutraler Atmosphäre, wie ihn der elektrische Ofen ermöglicht, vorziehen. Nach Schmelzversuchen unter einer Schlackendecke im Héroultofen wird der Kraftverbrauch für das Umschmelzen auf 300 kWh/t geschätzt. — Dorsey[50]) hat Schmelzversuche mit Rotguß im elektrischen Ofen von Hellberger bei 1170 bis 1380°, 6 bis 12 V mit einem Kraftverbrauch von 620 bis 1240 kWh/t durchgeführt. Tiegel aus Graphit oder Karborundum hielten im Durchschnitt elf Schmelzen aus. Soll für laufende Betriebe noch zu unwirtschaftlich, für Versuchsschmelzungen aber wegen der rasch erreichbaren beliebigen Temperatur und deren Gleichmäßigkeit gut geeignet sein.

**Zink.** Eine ausführliche Übersicht über Neuerungen in der Elektrometallurgie des Zinks bringt Peters[51]). — Bezüglich elektrolytischer Zinkgewinnung beschreibt Leslie[52]) das Verfahren der Reed Zinc Co., welches in einer Versuchsanlage in San Francisco betrieben wird. Als Rohmaterial dient Sackaushub. Dieser wird mit Schwefelsäure gelaugt, die Lösung eingedampft, das $ZnSO_4$ auskristallisiert, nochmals gelöst, die Lösung mit Zinkstaub von Schwermetallen gereinigt und mit Bleischwammanoden und Aluminiumkathoden gefällt. Das an den Anoden entstehende Bleisulfat wird durch kathodische Schaltung in besonderen Bädern regeneriert. — Borchgrewink und Molstad[53]) haben sich für die Zinkelektrolyse das für andere Zwecke längst bekannte Verfahren schützen lassen, das Elektrolyt durch verschieden hohe Anordnung der entgegengesetztpoligen Elektroden zu einem senkrechten Zickzackweg zu zwingen. Die Chemische Fabrik Griesheim-Elektron[54]) stellt einen für Reduktionsprozesse besonders wirksamen und haltbaren Zinkschwamm in der Weise her, daß sie ihn zuerst von anhaftendem Elektrolyt befreit und dann im Vakuum trocknet.

Auf dem Gebiete der elektrothermischen Zinkgewinnung trennt Specketer[55]) die Entzinkung in zwei Phasen, indem er zuerst bis 70% geht und dann in einem kleineren Ofen fertig entzinkt. Man erzielt dadurch einen geringeren Kraftverbrauch, da die Reaktionsgeschwindigkeit nicht so rasch sinkt und die Strahlungsverluste verringert werden. — Die Trollhättans Elektrothermiska A.-B.[56]) läßt die Gase über eine glühende Kohlenschicht mit so geringer Geschwindigkeit streichen, daß mitgerissener Staub sich auf der Kohlenschicht abscheiden kann. Dadurch werden die Dämpfe auch von oxydierenden Gasen befreit und man erhält weniger Zinkstaub und mehr zusammenfließendes Metall. — Schneemilch[57]) schlägt einen Ofen mit einer Mehrzahl übereinanderliegender Elektroden vor, welche Mantelteile des Schachtes bilden. In der Ofenachse ist ein Einbau aus stromleitendem Material vorgesehen, der die elektrischen Kraftlinien zu radialem Durchtritt zwingt und bei Verwendung von Dreh-

strom den Nullpunkt darstellt. — Die Coswiger Braunkohlenwerke, G. m. b. H.[58]) überstampfen die Elektroden mit einer in der Wärme elektrisch leitenden Masse in der Weise, daß diese innerhalb der Wandungen eines vollkommen geschlossenen Beschickungsraumes angeordnet sind. Die Imbert Process Co.[59]) schichtet die zur Bildung des Heizwiderstandes dienenden Kohlenstäbe auf der Sohle des Ofens frei auf, so daß die Beschickung in unmittelbare Berührung mit den Kohlenstücken gebracht wird und die entstehenden Zinkdämpfe durch den Widerstand hindurch abgeführt werden. — Eine ähnliche Einrichtung beschreibt Highfield.[60]) — Das Verfahren der A. S. Metalforedling[61]) betrifft die Reinigung der Oberfläche eines Zinkbades, das zum Zwecke der Raffination in einem Elektrodenofen einer destillierenden Schmelze unterworfen wird.

**Blei.** Die neueren Arbeiten über elektrolytische Bleiraffination betreffen Versuche mit verschiedenen Elektrolyten. Mathers[62]) gelang es auch, aus essigsauren Lösungen glatte, feinkristallinische Bleiniederschläge durch verschiedene organische Zusätze zu erzielen, von welchen sich Pappelholzextrakt oder Aloë am besten bewährten. Mit den gleichen Zusätzen erzielten Mathers & Cockrum[63]) gute Fällungen aus milchsauren und ameisensauren Lösungen. Mathers & Mc Kinney[64]) erhielten endlich aus 5proz. Bleinitratlösungen, welche 5% Essigsäure und 0,5% Aloërückstände enthielten, bei einer Stromdichte von 0,4 A/dcm², 0,35 V Badspannung und 2 cm Elektrodenabstand gute Bleiniederschläge mit nahezu theoretischer Stromausbeute.

**Antimon.** Betts[65]) veröffentlicht Versuche über elektrolytische Raffination von Antimon in einem Elektrolyt, das aus Antimontrifluorid, Fluorkalium und Flußsäure im Verhältnis $SbF_3 \cdot KF \cdot HF$ besteht.

**Zinn.** Die Fortschritte in der Metallurgie des Zinns einschließlich der Weißblechentzinnung bespricht Mennicke[66]). — Während Mathers und Cockrum[67]) aus mineralsauren Zinnsalzen auch bei Zusatz von Kolloiden keine befriedigenden Resultate erzielen konnten, schlagen Michaud und Delasson[68]) für die elektrolytische Zinnraffination eine mit Schwefelsäure angesäuerte Lösung von Zinnchlorid vor, welcher Chlormagnesium und Borsäure zugesetzt werden.

**Nickel.** Riedel[69]) liefert Beiträge zur Kenntnis der elektrolytischen Abscheidung des Nickels aus seiner Chloridlösung, wonach für die Fällung dieses Metalles nur schwach dissoziierte Säuren in Betracht kommen.

**Gold.** Clevenger[70]) erörtert die elektrolytische Fällung der bei der Zyanidlaugerei erhaltenen Lösungen, wobei man entweder nach Siemens & Halske Eisen- oder nach Andreoli Bleisuperoxydanoden verwendet. Die Konstruktion der elektrolytischen Bäder wird ausführlich beschrieben. — Lass[71]) schlägt für die beim Eintränken der goldhaltigen Schlämme abfallenden Schlacken die Weiterverarbeitung im Lichtbogenofen vor.

## Leichtmetalle.

**Aluminium.** Nach Lyon und Keeney[72]) betragen die Herstellungskosten von 1 t Aluminium in den Vereinigten Staaten: 2 t Tonerde 230 M, 100 kg Kryolith 12 M, 700 kg Elektroden 280 M, andere Zuschläge 40 M, 28000 kWh 224 M, Löhne 280 M, Reparaturen 40 M, 10% Abschreibungen 72 M, 6% Zinsen 40 M, allgemeine Unkosten 80 M, zusammen 1298 M.

**Magnesium.** Frary und Berman[73]) untersuchten die Bildung von Magnesiumsuboxyd bei der elektrolytischen Herstellung des Magnesiums. Es entsteht bei Gegenwart von MgO insbesondere durch dessen elektrolytische Reduktion bei Rotglut. Die Bildung der Lorenzschen „Metallnebel" ist nicht zu bemerken.

**Alkalimetalle.** Ofenkonstruktionen zur Gewinnung von Alkalimetallen beschreiben die Lonza A.-G.[74]), Ashcroft[75]) und die Sodium Process Co.[76]). — Acker[77]) will zuerst durch Elektrolyse eines geschmolzenen Alkalichlorides

mit Bleikathode eine Blei-Alkalimetallegierung herstellen und diese dann in einem geschmolzenen Zyanidbad als Anode schalten, wobei das Alkalimetall an der Kathode abgeschieden wird. — Nitt[78]) setzt die Elektrolysierzone unter Druck.

[1]) B. Neumann, Stahl u. Eisen 1915, S 1152. — [2]) Helfenstein, Stahl u. Eisen 1915, S 510. — [3]) Engineering Bd 99, S 484. — [4]) (Leffler), Engineering Bd 100, S 131. — Electr. (Ldn.) Bd 75, S 729. — [5]) Stahl u. Eisen 1915, S 295 (nach Iron Age 1915, S 94). — [6]) G. Muntz, Met. Chem. Eng. 1915, S 108. — [7]) W. Mc A. Johnson, Electr. (Ldn.) Bd 73, S 934. — [8]) T. D. Robertson, Engineering Bd 99, S 176. — [9]) S. Cornell, Met. Chem. Eng. 1915, S 630. — [10]) W. G. Kranz, Met. Chem. Eng. 1915, S 565. — [11]) E. Humbert u. A. Hethey, Mont. Rundschau Bd 7, S 222. — [12]) Mitt. BEW 1915, S 52. — [13]) C. A. Hansen, Trans. Am. Electrochem. Soc. Bd 25, S 133. — [14]) J. Rennerfeldt, Met. Chem. Eng. 1914, S 581. — [15]) V. Stobie, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 807. — [16]) T. D. Robertson, Electr. (Ldn.) Bd 74, S 630. — [17]) Met. Chem. Eng. 1915, S 64. — [18]) Chetwind, Engineering Bd 99, S 283. — Stahl u. Eisen 1915, S 638. — [19]) J. Rennerfeldt, DRP 268317, Kl 21h; Ferrum 1915, S 133. — [20]) Fried. Krupp A.-G., DRP 268660, 282162, 283517, Kl 21h; Ferrum 1915, S 136. — [21]) G. Brüstlein, DRP 282710, Kl 21h. — [22]) W. Walker, USP 1155849. — [23]) W. Rodenhauser, Leipzig 1915, O. Leiner. — [24]) Rombacher Hüttenwerke u. J. Bronn, DRP 281625, Kl 40c; DRP 285956, Kl 18b. — [25]) Gesellschaft für Elektrostahlanlagen m. b. H. u. W. Rodenhauser, DRP 269268, Kl 42o; Ferrum 1915, S 136. — [26]) A. Sahlin, Stahl u. Eisen 1915, S 49. — [27]) R. M. Keeney, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 947. — [28]) L. Guillet, Electr. (Ldn.) Bd 74, S 79. — [29]) E. Harbeck, DRP 288660, Kl 18b. — [30]) C. J. Reed, DRP 269927, Kl 18a; Ferrum 1915, S 24. — [31]) G. v. Tischenko, DRP 270657, Kl 18b; Ferrum 1915, S 133. — [32]) Plauson u. v. Tischenko, DRP 269472, Kl 18b; Ferrum 1915, S 24. — [33]) Lawrence Addicks, Trans. Am. Electrochem. Soc. Bd 25, S 65. — [34]) W. S. Horry, Trans. Am. Electrochem. Soc. Bd 25, S 59. — [35]) H. E. Longwell, Trans. Am. Electrochem. Soc. Bd 25, S 73. — [36]) F. D. Newbury, Electr. (Ldn.) Bd 74, S 45. — [37]) Harrington, Trans. Am. Electrochem. Soc. Bd 27, S 459. — [38]) W. Franke, Metall u. Erz 1915, S 269. — [39]) O. Nielsen, Metall u. Erz 1915, S 439, 464. — [40]) F. Altnéder, Metall u. Erz 1915, S 173. — [41]) O. C. Martin u. F. Jaeger, USP 1148522. — [42]) F. Pyne, Met. Chem. Eng. 1915, S 895. — Pyne u. Greene, USP 1148798. — [43]) Lawrence Addicks, Trans. Am. Electrochem. Soc. Bd 26, S 51. — [44]) Ricketts, Wedge, Smith, Van Arsdale, Bacon, Pope, Channing, Canby, Lamb, Addicks, Dorr, Richards, Trans. Am. Electrochem. Soc. Bd 27, S 35. — [45]) L. Addicks, Met. Chem. Eng. 1915, S 748; USP 1138921. — [46]) G. Van Arsdale, Met. Chem. Eng. 1915, S 63; USP 1119477, 1119478. — [47]) M. Perreur-Lloyd, USP 1133059. — [48]) N. V. Hybinette, DRP 285652, Kl 40c; DRP 276294, Kl 40c; Electrochem. Ztschr. Bd 21, S 269; DRP 282360, Kl 40c. — [48a]) B. Welbourn, Electr. (Ldn.) Bd 76, S 235. — [49]) D. A. Lyon u. R. M. Keeny, Metall u. Erz 1915, S 52; Engineering Bd 100, S 223. — [50]) H. G. Dorsey, Stahl u. Eisen 1915, S 106. — [51]) F. Peters, Glückauf 1915, S 584, 605. — [52]) E. Leslie, Zschr. angew. Chemie 1915, Bd 2, S 321. — [53]) Borchgrewink u. Molstäd, DRP 277359, Kl 40c; Elektrochem. Zschr. Bd 21, S 270. — [54]) Chem. Fabr. Griesheim-Elektron, DRP 282234, Kl 40c. — [55]) H. Speckter, DRP 282795, Kl 40c. — [56]) Trollhättans Elektrothermiska Aktiebolag, DRP 284866, Kl 40c. — [57]) Otto Schneemilch, DRP 288616, Kl 40c. — [58]) Coswiger Braunkohlenwerke G. m. b. H., DRP 288684, Kl 40c. — [59]) Imbert Process Co., DRP 288955, Kl 40c. — [60]) F. W. Highfield, USP 1153786. — [61]) A. S. Metalforedling, DRP 286557, Kl 40c. — [62]) F. C. Mathers, Trans. Am. Electrochem. Soc. Bd 26, S 99. — [63]) F. C. Mathers u. B. W. Cockrum, Trans. Am. Electrochem. Soc. Bd 26, S 117. — [64]) Mathers u. Mc Kinney, Trans. Am. Electrochem. Soc. Bd 27, S. 131. — [65]) A. G. Betts, Met. Chem. Eng. 1915, S 848. — [66]) H. Mennicke, Elektrochem. Zschr. Bd 22, S 101, 146. — [67]) F. C. Mathers u. B. W. Cockrum, Trans. Am. Electrochem. Soc. Bd 26, S 133. — [68]) Michaud u. Delasson, USP 1124315. — [69]) F. Riedel, Z. Elchemie 1915, S 5. — [70]) H. Clevenger, Met. Chem. Eng. 1915, S 803, 852. — [71]) W. P. Lass, Met. Chem. Eng. 1915, S 566. — [72]) Lyon u. Keeney, Chem. Ztg. 1915, Rep. S. 443 (nach Min. & Eng. World Bd 43, S 220). — [73]) Frary u. Berman, Trans. Am. Electrochem. Soc. Bd 27, S 209. — [74]) Lonza A.-G., DRP 268280, Kl 40c; Z. Elchemie 1915, S 516.

— [75]) E. A. Ashcroft, DRP 274304, Kl 40c. Z. Elchemie 1915, S 518. — [76]) Sodium Process Co. DRP 268787, Kl 12p. Z. Elchemie 1915 S 515. — [77]) Ch. Acker, USP 1142220. — [78]) R. J. Mc Nitt, DRP 281951, Kl 40c.

## Herstellung chemischer Verbindungen.

Von Prof. Dr. K. Arndt.

### Elektrolyse wässeriger Lösungen.

**Alkalichloridelektrolyse.** S & H[1]) haben an ihrer mit wagerechtem Diaphragma versehenen Zelle (JB 1914) zwei weitere Verbesserungen angebracht. Sie regeln nunmehr auch den Unterdruck des aus dem Anodenraume austretenden Chlors derart, daß die Geschwindigkeit, mit welcher das Elektrolyt durch das Filtertuch hinabsickert, und infolgedessen der Gehalt der an der Kathode gebildeten Lauge den gewünschten Grad erreicht. Bisher pflegte man einfach das Chlor mit einem Unterdruck von rd. 10 mm WS abzusaugen, damit es nicht durch Undichtigkeiten aus der Zelle in den Arbeitsraum entweiche und dessen Luft verdürbe. Die dicke Schicht von Bariumsulfat und Asbest, welche bei der Siemens-Billiterzelle das Filtertuch bedeckt, um das Vermischen der chlorhaltigen Anodenflüssigkeit mit der alkalischen Kathodenflüssigkeit und die dann eintretende Bildung von Hypochlorit zu verhindern, lassen sie jetzt fort und unterteilen statt dessen den Raum unmittelbar über dem Filtertuch durch Asbestschnüre und Querwände (z. B. aus Glas) netzartig, so daß die erstrebte Bildung wagerechter Flüssigkeitsschichten nicht durch schädliche Strömungen gestört wird. Diese neue Anordnung besitzt einen wesentlich geringeren elektrischen Widerstand als die Bariumsulfat-Asbestschicht; die Badspannung ist also niedriger und man spart dementsprechend an elektrischer Energie.

Die Hooker Electrochemical Co.[2]) (New York), welche mit senkrechtem Diaphragma arbeitet, macht jetzt ihre Kathode mindestens siebenmal so lang als hoch und versieht sie mit einer Reihe von Taschen, welche in den Anodenraum hineinragen. Die Anoden sind in senkrechten Aussparungen zwischen den Kathodentaschen untergebracht. Um die Zellen leicht auseinandernehmen zu können, erhalten die Teile des Zellenkörpers, in welche die Elektroden eingefügt werden, die Form langer Kanäle mit entsprechenden beiderseitigen Öffnungen und werden in mehreren Reihen aufeinandergesetzt. Auch hier setzt die neue Anordnung die Badspannung herab. — Die Elberfelder Farbenfabriken (vorm. Bayer)[3]) arbeiten ebenfalls mit senkrechtem Diaphragma. Sie haben der Kathode die Gestalt einer Jalousie gegeben, um das an ihr entwickelte Wasserstoffgas nach außen zu leiten, wo es den Stromdurchgang nicht stört. Der aufsteigende Wasserstoff nimmt dann gleich das frisch gebildete Alkali mit sich, wodurch die Stromausbeute erhöht wird. Das Diaphragma ist doppelt und enthält besondere Öffnungen oder Kanäle, durch welche der Schlamm, als welcher sich die Verunreinigungen des Salzes beim Betrieb abscheiden, fortdauernd entfernt wird. — Die Ges. f. chemische Industrie, Basel[4]), benutzt Sätze von röhrenförmigen, senkrechten Filterkathoden. Die ganze Anordnung zeigt eine gedrungene Form; schadhafte Stücke lassen sich leicht auswechseln.

**Wasserzersetzung.** Bei den Elektrolyseuren nach O. Schmidt (JB 1914) sind von der Maschinenfabrik Oerlikon[5]) folgende Verbesserungen getroffen worden. Die Anodenseite der bipolaren gußeisernen Elektrodenplatten ist vernickelt; dadurch wird die Oxydation, die Schlammbildung und die Polarisation vermindert, so daß der Apparat nur alle halbe Jahre gereinigt zu werden braucht. Ferner sind bei der neuen Bauweise die Lagerböcke und die den ganzen Elektrodensatz samt Gummizwischenlagen schließenden Preßplatten nicht mehr aus

einem Stück, sondern getrennt. Als Elektrolyt dient Kaliumkarbonat (Pottasche) in 10proz. Lösung; wenn durch die Stromwärme die Temperatur auf 60° steigt, erfordert jede Zelle 2,3 V. Die größte Form mit 96 Kammern verbraucht 220 V und 175 A; sie erfordert zur Füllung 900 l Flüssigkeit und liefert stündlich 6,4 $m^3$ Wasserstoff, 3,2 $m^3$ Sauerstoff. Weil die einzelnen Kammern sehr schmal sind, ist diese leistungsfähigste Form nur 4,2 m lang bei 1,65 m Breite. Bei 40° Arbeitstemperatur liefert 1 kWh etwa 167 l Wasserstoff und 83 l Sauerstoff durch Zersetzung von 0,13 l Wasser. Der Wasserstoff ist 99proz., der Sauerstoff 97 bis 98proz. Zur Überwachung des Betriebes muß der Sauerstoff täglich mindestens dreimal analysiert werden.

**Wasserstoffperoxyd und Persalze.** Für die kathodische Reduktion von Sauerstoff zu Wasserstoffperoxyd (JB 1914) verwenden Henkel & Co.[6]) ein röhrenförmiges, hohen Drucken widerstehendes Metallgefäß, dessen Innenwand mit geeignetem Elektrodenmaterial überzogen ist, als Kathode; in der Mittelachse des senkrecht stehenden Gefäßes ist die mit einem Diaphragmenschlauch überzogene Anode angeordnet. In das seitlich unten eintretende, oben abfließende Elektrolyt wird von unten Sauerstoffgas in feinen Bläschen eingepreßt. Indem man das Elektrolyt und den in großem Überschuß zugeführten Sauerstoff durch eine Reihe hintereinandergeschalteter Zellen leitet, reichert man die Flüssigkeit mit Wasserstoffperoxyd an.

Über den wirtschaftlichen Wert dieses Verfahrens läßt sich noch kein Urteil fällen. Der Umweg dagegen, aus elektrolytisch gewonnenem Kaliumpersulfat durch Destillation Wasserstoffperoxyd zu erzeugen, scheint sich zu lohnen. Nach Förster[7]) liefert in den Elektrochemischen Werken München, Höllriegelsgreuth, 1 kWh 90 g Wasserstoffperoxyd in 20proz. Lösung.

Das als Bleichmittel (z. B. in dem Waschpulver „Persil") dienende Natriumperborat $NaBO_3 + 4H_2O$, welches über 10% aktiven Sauerstoff enthält, wurde bisher durch chemische Umsetzung von Borax mit Natriumperoxyd oder Wasserstoffperoxyd hergestellt. Ein französisches Patent von Pouzenc, welches durch anodische Oxydation von Borax Perborat gewinnen wollte, steht, wie Polack[8]) nachwies, nur auf dem Papier. Erst K. Arndt und der Chem. Fabrik Grünau[9]) gelang es, durch Elektrolyse einer Borax-Sodalösung Perborat zu gewinnen. Als Anode dient Platindrahtnetz, als Kathode kann z. B. ein zickzackförmig gewundenes, von Kühlwasser durchströmtes Zinnrohr dienen. Ein Diaphragma ist nicht nötig. Sobald der Gehalt des Elektrolytes an aktivem Sauerstoff hoch genug gestiegen ist, überführt man die an Perborat übersättigte Lösung in Kristallisationsgefäße, wo sich nach einiger Zeit Natriumperborat in winzigen Kristallen chemisch rein abscheidet. Die Mutterlauge wandert wieder in die Bäder; von Zeit zu Zeit werden die verbrauchten Stoffe Borax und Soda ergänzt.

**Elektroosmose.** Die elektrostatische Überführung nicht leitender Teilchen im Gefälle des elektrischen Gleichstroms wird von der Ges. f. Elektroosmose[10]) seit einigen Jahren mit Vorteil z. B. benutzt, um sehr feine Tonteilchen aus ihren Aufschlämmungen abzuscheiden. Neuerdings hat diese schon über zahlreiche Patente verfügende Gesellschaft sich auch ein Verfahren schützen lassen, um aus Alkalisilikatlösung (Wasserglas) durch Elektroosmose chemisch reine Kieselsäure zu gewinnen. Die Silikatlösung kommt in den Anodenraum, welcher durch ein Diaphragma aus Karborund und Korund vom Kathodenraum getrennt wird. Die Badspannung wird allmählich auf 60 bis 70 V gesteigert, wodurch die letzten Spuren Alkali ausgetrieben werden. Um auch Spuren von Säure zu entfernen, wird die Kieselsäure noch im Kathodenraume der Elektroosmose unterworfen.

## Erzeugnisse des elektrischen Ofens.

**Kalziumkarbid.** Bei den Herstellungskosten des Karbids spielt die teure Elektrodenkohle eine große Rolle. Um deren Verbrauch zu vermindern, speist die Bosnische Elektrizitäts-A.-G.[11]) den Ofen nicht mit einem gleich-

mäßigen Gemisch von Kalk und Kohle, sondern umgibt die Elektrode mit einem kalkarmen Gemisch und führt den Rest des zur Karbidbildung erforderlichen Kalkes für sich oder mit Kohle gemischt am Ofenrande zu.

**Kalkstickstoff.** Aus feingepulvertem Karbid wird bekanntlich durch Glühen im Stickstoffstrom Kalziumzyanamid gewonnen nach der Gleichung:

$$CaC_2 + N_2 = CaCN_2 + C.$$

Dieser Stoff wird teils als „Kalkstickstoff" zum Düngen verwendet, teils durch Erhitzen mit Wasserdampf in Ammoniak übergeführt, das nun seinerseits entweder z. B. als Sulfat in den Handel gebracht oder durch Erhitzen mit Luft über einem passenden „Katalysator" zu Salpetersäure verarbeitet wird. Dieser Weg, den Luftstickstoff zu verwerten, hat für Deutschland, weil durch den Krieg die Einfuhr von Chilesalpeter gesperrt ist, eine gewaltige Bedeutung gewonnen. Im Verein mit dem synthetischen Ammoniak der Badischen Anilin- und Sodafabrik, welche ihre Erzeugung auf 300000 t Ammonsulfat (mit ebenfalls 20% Stickstoff) steigert, wird auf diesem Wege aus der Luft der gewaltige Salpeterbedarf der Munitionsfabriken gedeckt und darüber hinaus noch eine sehr beträchtliche Menge künstlicher Stickstoffdünger der Landwirtschaft geliefert.

In Deutschland erzeugten schon vor dem Kriege zwei voneinander unabhängige Gesellschaften Kalkstickstoff, die Bayerischen Kalkstickstoffwerke, welche Wasserkraft der Alz benutzen, und die A.-G. für Stickstoffdünger in Knapsack (Bez. Köln), welche aus billiger Braunkohle ihre Elektrizität gewinnt und nach dem Verfahren von Polzenius[12]) mit Zusatz von Chlorkalzium arbeitet. Während bei den Bayerischen Kalkstickstoffwerken nach dem Verfahren der Zyanidgesellschaft das Karbid in Trommeln, die von innen elektrisch geheizt werden, mit Stickstoff verbunden („azotiert") wird, verwendet Knapsack Kanalöfen, in welchen fortlaufend das Karbid vorgewärmt, erhitzt, im Reaktionsraum azotiert und schließlich abgekühlt wird. Das sehr fein gemahlene Gemisch von Karbid mit 10% Chlorkalzium befindet sich hierbei in flachen Kästen mit Siebboden, welche auf eisernen Wagen übereinandergesetzt sind. Damit die Hitze bei der Stickstoffbindung, welche Wärme entwickelt, nicht zu hoch steigt und ein Teil des Zyanamids sich wieder zersetzt, wird die Temperatur im Kanalofen durch entsprechende Kühlung des dem Karbid entgegengeleiteten Stickstoffstromes und durch Außenkühlung nach Bedarf geregelt.[13])

Das bisher größte Kalkstickstoffwerk der Welt in Odda am Hardanger Fjord, welches vor dem Kriege 80000 t Kalkstickstoff im Jahr erzeugen konnte, ist mit seinen Hilfsbetrieben (Kalkbrennöfen, Karbidfabrik, Fördereinrichtungen usw.) von K. Perlewitz[14]) (auf Grund von Mitteilungen des Engineering) beschrieben worden.

**Luftsalpetersäure.** Geradenwegs gewinnt man bekanntlich Salpetersäure aus Luft durch den elektrischen Flammenbogen. Unter dessen Wirkung vereinigt sich ein kleiner Teil des Stickstoffs und Sauerstoffs zu Stickoxyd NO; beim Abkühlen der „nitrosen", etwa 1 bis 2% NO enthaltenden Gase nimmt das Stickoxyd noch ein Atom Sauerstoff auf und bildet Stickstoffdioxyd $NO_2$ beim Behandeln mit Wasser bekommt man salpetrige Säure $HNO_2$ und Salpetersäure $HNO_3$. Bindet man diese Säuren an Soda oder Kalk, so erhält man die entsprechenden Natrium- oder Kalksalze (Nitrite und Nitrate), welche teils zur Farbstoff- und Sprengstofferzeugung, teils als Düngemittel als Ersatz von Chilesalpeter (Natriumnitrat) dienen. Der zur Bindung der nitrosen Gase bestimmte Kalk muß sehr porös sein. Die Norsk Hydroelektrik-Kvaelstof-Fabrik[15]), welche neben ihrer älteren Anlage in Notodden eine riesige Salpeterfabrik am Rjukan im südlichen Norwegen betreibt, brennt deshalb den Kalk nicht mehr in den üblichen Kalköfen bei mehr als 900°, sondern mittels heißer Gase bei 700 bis 750°, wozu die aus dem elektrischen Ofen kommenden nitrosen Gase selbst die Wärme hergeben.

Voraussetzung für das erfolgreiche Arbeiten von Luftsalpeterwerken ist sehr billige Kraft. Deshalb bestand in Österreich-Ungarn bisher nur eine solche Fabrik, welche in Patsch bei Innsbruck mit Paulingöfen (nach Art des Hörnerblitzableiters) arbeitet und vor dem Kriege schwer zu kämpfen hatte. Infolge des Krieges erstehen in Deutschland bei Bitterfeld die „Elektro-Salpeterwerke“.

Um dem Lichtbogen eine geeignete Form zu geben, welche seine Energie möglichst gut zur Stickoxydbildung ausnutzt, sind im Laufe des letzten Jahrzehntes viele Erfindungen gemacht worden, von denen sich einige bewährten. Neuerdings haben H. u. J. Scheidemandel[16]) sich eine Anordnung schützen lassen, bei welcher der Lichtbogen innerhalb eines Magnetfeldes durch einen Luftstrom zu einer Schraubenfläche verblasen wird.

**Blausäure.** Aus Ölgas und Stickstoff wird mit dem Flammenbogen von A. V. Lipinski[17]) Zyanwassersäure (Blausäure) HCN gewonnen. Um Kohlenstoffverluste durch Rußabscheidung zu verhindern, wird dicht hinter dem Flammenbogen das Gasgemisch durch Einblasen von Restgasen abgekühlt. Nach Herausnahme der entstandenen Blausäure wird das Gasgemisch im Kreislauf dem Ofen wieder zugeführt, bis alles Ölgas in Blausäure umgesetzt ist. Der erforderliche Stickstoff wird aus den Restgasen durch Verbrennen mit der entsprechenden Luftmenge hergestellt.

## Ozon.

Während S & H ihren Ozonelektroden die Form ineinandergeschobener Zylinder gegeben haben, arbeiten die Ozonerzeuger der AEG[18]) mit plattenförmigen Elektroden. Diese Plattenelektroden sind hohl und werden von Kühlwasser durchflossen, welches gleichzeitig den elektrischen Strom zuleitet; die das Wasser zuleitenden Röhren tragen gleichzeitig die Elektroden.

Mit solchen Plattenelementen ist das von der Ozongesellschaft m. b. H. (Berlin) gebaute Ozonwerk in Braila (Rumänien) ausgestattet, welches stündlich 500 m³ Donauwasser in Trinkwasser verwandeln kann. Die Ozonbatterie wird mit 16000 V und 500 Perioden gespeist und liefert bei einem Verbrauch von 8 kW stündlich 400 g Ozon. Die Anlage besteht aus zwei einander gleichen Gruppen, nämlich Zentrifugalpumpe, Entkeimungsturm, Ozonbatterie mit Transformator, Trockenturm (um die Luft vor dem Ozonisieren zu trocknen) und Motorgenerator. Etwa auftretende Störungen werden sofort durch das Ertönen einer Glocke angezeigt[19]).

Die keimtötende Wirkung des Ozons wird von Gärtner[20]) mit der Wirkung von Chlor und von ultravioletten Strahlen auf Trinkwasser verglichen. Den in Amerika sehr beliebten Zusatz von Chlorkalk (etwa 3 g auf 1 m³) findet Gärtner auch für die seltenen Fälle in Deutschland, wo verseuchtes Trinkwasser nach dem Filtern einer bakterientötenden Nachbehandlung bedarf, brauchbar; man soll aber durch selbsttätige Vorrichtungen die berechneten Chlorkalkmengen zugeben lassen und dafür sorgen, daß nicht durch Ungeschick Körnchen von festem Chlorkalk den Geschmack des Trinkwassers schädigen. Die ultravioletten Strahlen töten nur in völlig klarem Wasser die Bakterien; die benutzten Quarzlampen sind für die Praxis zu zerbrechlich. Ozon ist auch bei trübem Wasser brauchbar; ein Überschuß von Ozon schadet dem Trinkwasser nichts; im Gegenteil beseitigt es den modrigen Geschmack von Wasser, das Algen u. dgl. enthält. Auch K. Kißkalt[21]) hat bei einer mit Pregelwasser (das an organischen Stoffen ziemlich reich ist) gespeisten größeren Versuchsanlage durch Ozonisieren sehr gute Ergebnisse erzielt, als er für genügend innige Durchmischung von Wasser und Ozonluft sorgte, indem er beide durch eine Kiesschicht aufsteigen ließ. Das Wasser wurde vorher durch Behandeln mit Aluminiumsulfat geklärt; aber auch ohne diese Alaunbehandlung konnte er mit mehr Aufwand an Ozon ein gutes, wenn auch etwas trübes Trinkwasser erhalten.

[1]) Siemens & Halske, DRP 286917, 286918. — [2]) Hooker Co., DRP 286055. — [3]) Bayer, DRP-Anm. F. 37834; DRP 284937. — [4]) Ges. chem. Ind., DRP 284022. — [5]) Maschinenfabrik Örlikon, Elchem. Z. Bd 22, S 3, 37. — [6]) Henkel, DRP 283957. — [7]) Förster, Elektrochemie wässer. Lösungen, 2. Aufl., S 766. — [8]) Polack, Z. Elchemie 1915, S. 253. — [9]) Arndt, Z. angew. Chem. 1915, S 621; DRP-Anm. C. 22096, Kl 12i. — [10]) Ges. f. Elektroosmose, DRP 283886, 274039. — [11]) Bosnische El.-A.-G., DRP 283276. — [12]) Polzenius, DRP 163320. — [13]) Krauß, Enzyklopädie der technischen Chemie, Bd 3 (Berlin u. Wien 1916), S 210; DRP 282213 u. 285699. — [14]) Perlewitz, ETZ 1915, S 645. — [15]) Norsk Hydroel. Kvaelstof-Fabr., DRP 284042. — [16]) Scheidemandel, DRP 284341, 285111. — [17]) Lipinski, DRP 285931. — [18]) AEG, DRP 286989. — [19]) Mitt. BEW 1915, S 181. — [20]) Gärtner, Jl. Gas Wasser. 1913, S 781, 813. — [21]) Kißkalt, J. Gas Wasser. 1915, S 155.

# C. Elektrisches Nachrichten- und Signalwesen.

## X. Telegraphie.

Telegraphie auf Leitungen. Von Kaiserl. Ober-Telegraphen-Ingenieur Geh. Postrat Theod. Karraß, Berlin. — Telegraphie ohne fortlaufende Leitung. Von Kaiserl. Ober-Telegraphen-Ingenieur Geh. Postrat Prof. Dr. Franz Breisig, Berlin.

### Telegraphie auf Leitungen.

Von Geh. Postrat Theod. Karraß.

**Allgemeines.** Die Kriegsvorschriften des Verbandes deutscher Elektrotechniker[1]) schreiben vor, daß Kupfer und seine Legierungen zu ersetzen sind: durch Eisen in den Freileitungen, durch Zink oder Eisen in den Kabelleitungen und durch andere Metalle in den elektrischen Maschinen. Zur Isolation versenkter Leitungen wird gut imprägniertes Papier statt des Kautschuks verwendet. — Die bisher übliche Scheidung der Schnelltelegraphen in Maschinen- und in Mehrfachtelegraphen läßt sich nicht aufrecht erhalten, wie O. Arendt erläutert[2]), weil die Maschinentelegraphen nicht mehr allein dafür eingerichtet werden, die Handarbeit zu ersetzen, und weil anderseits jetzt nicht mehr ausschließlich die Mehrfachtelegraphen dazu dienen, die Leitung in weitestem Umfange auszunutzen. Die Anforderungen des Telegraphenbetriebes drängten dazu, die Vorzüge der einen Betriebsweise, soweit angängig, mit denen der anderen zu vereinigen. So führte die natürliche Weiterentwicklung dahin, daß von den Schnelltelegraphen die eine Art, mit nur einem Sender, die Telegramme der Reihe nach einem einzigen Empfänger zuführte (d. i. der einfache Schnellbetrieb), während bei der anderen Art immer einer von mehreren Sendern nach dem andern für eine kurze Zeit mit dem jedem von ihnen zugeordneten Empfänger in regelmäßiger Wiederkehr zur Übermittlung je eines Zeichens verbunden wird (d. i. der mehrfache Schnellbetrieb, bei dem mehrere Telegramme gleichzeitig absatzweise befördert werden). In seiner Untersuchung beschäftigt sich der Verfasser nicht mit zurzeit vorhandenen Apparatformen, sondern er erörtert die Frage, wie sich die Einfachsysteme oder die Mehrfachsysteme dem Betriebe und dem Telegrammverkehr anpassen lassen, indem den Apparaten alle an ihnen möglichen Vollkommenheiten zugestanden werden. — Nachträglich ist bekannt geworden[3]), daß doch im Jahre 1914 einige Kabel verlegt worden sind. Außer kleineren Verbindungen, z. B. zwischen Suez und Aden, Penang und Singapore, Singapore und Hongkong, ist eine größere zu erwähnen, die von einer neugebildeten belgischen Gesellschaft unter Benutzung von Linien der Eastern-Gesellschaft und deren näheren Geschäftsfreunden zu dem Zwecke hergestellt worden ist, um zwischen Belgien und dem belgischen Kongo eine unabhängige telegraphische Verbindung zu schaffen. Dazu wurde zwischen Middelkerke in Belgien und Cap Dumpton in England ein neues Kabel

verlegt. Ein zweites neues Kabel, das von Banana an der Kongomündung ausgeht, ist mittels eine T-Stückes an das der Western-Afrika-Gesellschaft gehörige Kabel zwischen St. Thomas und Loanda angespleißt worden. Noch augenfälliger tritt der politisch-militärische Zweck einer Kabellegung hervor, die im Januar 1915 binnen 11 Tagen von der englischen Regierung ausgeführt worden ist[4]), um unabhängig vom Auslande zwischen London und Petersburg unmittelbar telegraphisch verkehren zu können. Das neue Kabel ist im Anschluß an eine von London kommende Linie von der schottischen Nordküste um Norwegen herum bis zur murmanischen Küste in Rußland geführt, wo es mit einer neuen bis Petersburg erbauten oberirdischen Linie verbunden ist. Zum Betriebe dieser Verbindungsleitung sind erfahrene Kabelbeamte von England nach Rußland entsandt worden.

**Theorie.** H. W. Malcolm[5]) beendet seine analytischen Untersuchungen über die weitere Entwicklung der Kabeltelegraphie, in deren drittem Teil er sich mit dem Kabel in geladenem Zustande beschäftigt[6]). — A. Kunert[7]) leitet für die beim Betriebe von Telegraphenkabeln üblichen Schaltungsweisen Formeln zur Berçchnung der ankommenden Ströme ab. Für den Betrieb mittels Heberschreibers, Wheatstone- und Schnelltelegraphenapparaten werden die Berechnungen zahlenmäßig durchgeführt. Dabei sind die bekannt gewordenen Mittel zur Erhöhung der Telegraphiergeschwindigkeit, wie der Gegenstrom- und Doppelstrombetrieb, die Gottsche Sendeweise, die Einschaltung von Kondensatoren mit und ohne Nebenschluß, Nebenschlüsse mit Selbstinduktion usw. gebührend berücksichtigt worden. Die gründliche und lehrreiche Arbeit ist noch nicht zu Ende geführt. — In sorgfältigen Untersuchungen behandelt A. Pillonel[8]) die mechanischen Beziehungen, die an ausgespannten Leitungen innerhalb eines Stangenabstandes (einer Spannweite) in Betracht kommen. In dem jetzt vorliegenden Teile der Arbeit werden nach einer allgemeinen Einleitung analytisch untersucht: die praktische Grenze der an den Leitungen wirksamen Kräfte sowie das Maximum und das Minimum des Zuges innerhalb einer Spannweite.

**Freileitungen.** Über die elektrolytische Holztrocknung von Nodon wird vielfach mehr oder weniger ausführlich berichtet.[9]) Frisch gefällte Hölzer werden in mehreren Lagen etwa 1 bis 1,5 m hoch aufgeschichtet, die durch Elektroden voneinander getrennt werden. Diese Elektroden bestehen aus einem Gewebe von verzinntem schmiegsamem Eisendraht, das zwischen zwei Jutedecken eingebettet ist. Damit sie sich an die Hölzer dicht anlegen, werden die Decken mit Wasser getränkt. Die erste, dritte, fünfte usw. Elektrode einerseits und die zweite, vierte, sechste anderseits werden miteinander und mit je einer Zuführung zur Stromquelle verbunden. Vorteilhaft ist Wechselstrom von 110 bis 120 V und 40 bis 50 Per/s zu verwenden, aber auch Gleichstrom von 110 V ist brauchbar. Die Hölzer (ungeschälte und geschälte Stämme oder geschnittene Balken) werden vom Strome in der Querrichtung durchflossen. Das Verfahren erfordert geringe Kosten und dauert nur ein bis zwei Tage; es bewirkt (chemisch) die rasche Oxydation der verharzten Bestandteile des Saftes, (physikalisch) die molekulare Umsetzung der Zellulose, wodurch deren mechanische Festigkeit und größere Widerstandskraft gegen das Faulen herbeigeführt wird, und endlich (aseptisch) die Vernichtung der im Holze selbst enthaltenen schädlichen Keime. An die freie Luft gebracht, trocknen die so behandelten Hölzer in wenigen Wochen gründlich bis an den Kern aus. — Von den fünf Gruppen der verschiedenen Verfahren, um das Holz gegen Schädlinge zu schützen, nämlich dem Trocknen, Auslaugen, Dämpfen, Umhüllen und dem Imprägnieren unterzieht Br. Simmersbach[10]) das Imprägnieren besonders der Grubenhölzer und der Telegraphenstangen einer eingehenden Untersuchung in technischer Hinsicht. Nach einer kurzen Aufzählung früherer Zubereitungsarten betrachtet er näher die Imprägnierung mit Quecksilberchlorid nach Kyan, mit Kupfersulfat nach Boucherie, mit Zinkchlorid nach Burnett, mit kreosothaltigen schweren Teerölen nach Bethell und mit Salzen der Fluorwasserstoff-

säure nach Malenković und Netzsch. Bei Telegraphenstangen hat das Teeröl die besten Ergebnisse gezeitigt. Bei Grubenhölzern sind die aufgeführten Zubereitungsarten auch angewandt worden, in den letzten Jahren außerdem noch neu angegebene, über deren Wert aber noch keine ausreichenden Erfahrungen vorliegen. Der Verfasser führt von ihnen eine größere Anzahl an, schließt jedoch mit der Bemerkung: „Über allen scheint aber doch zurzeit die — wenn auch teure — Teerölimprägnierung zu stehen.“ — F. L. Rhodes[11]) berichtet über neuere Ergebnisse, die in Amerika bei der Zubereitung der Telegraphenstangen erhalten worden sind. — Fr. Moll[12]) bespricht in einer längeren Arbeit den Schutz des Holzes gegen Fäulnis. — Der künstliche Schutz des Fußes von Telegraphenstangen und Masten gegen Fäulnis nach den bisher gemachten Vorschlägen ist Gegenstand einer anderen Arbeit desselben Verfassers.[13]) Besonders wird der Mastenschutz von Kupsch und Seidel empfohlen, der darin besteht, daß die Stange auf 1 m, ½ m über bis ½ m unter Erdoberfläche, dicht mit einer wasserabstoßenden, schwarzen, sehr zähen Masse überzogen wird. — Für das Zubereitungsverfahren mit Quecksilberchlorid nach Kyan wird jetzt gefordert, daß die Stärke der Lauge (⅔%) dauernd zu erhalten ist. Um dieser Vorschrift zu genügen, muß der Sublimatgehalt häufig nachgeprüft und berichtigt werden, was sehr umständlich ist. R. Nowotny[14]) zeigt nun, daß annähernd der gleiche Erfolg erzielt wird, wenn die Hölzer sofort in eine etwas kräftigere Lauge (1,7%) gelegt und darin ohne Nachfüllen von Sublimat während der ganzen Tränkungszeit belassen werden. Hieraus ergeben sich wichtige Vereinfachungen und Erleichterungen im Kyanisierungsbetriebe. — Meinungsverschiedenheiten darüber, wann Hölzer genügend ausgetrocknet sind, um einem Zubereitungsverfahren unterzogen werden zu können, würden durch die Bestimmung verhindert werden[15]): Der Feuchtigkeitsgehalt des zu tränkenden Holzes soll nicht mehr als 20% des Trockengewichts ausmachen. — Auf Grund sorgfältiger Einzelstudien und vorhandener Statistiken zeigt Fr. Moll[16]), daß die Auswechslung der Masten in einer Linie und damit wohl auch der Abgang von Hölzern gleicher Art durch Fäulnis ganz allgemein dem Gesetze der Wahrscheinlichkeitskurve folgt. Er empfiehlt, vor allem den Überlandzentralen, zu beachten, daß das Anstreichen des Holzes mit Mitteln jeglicher Art wertlos ist, daß dagegen eine richtige Imprägnierung mit Teeröl oder mit Sublimat unbedingt ein wirtschaftliches Erfordernis wird. — In ebenen Gegenden, wo der Boden keine besonderen Schwierigkeiten bietet, wird in Amerika, wie A. Palme[17]) berichtet, eine von Beltz angegebene Maschine zum Bohren von Stangenlöchern verwendet. Das Bohrgestänge wird durch einen vierzylindrigen Benzinmotor angetrieben. Beide Maschinen sind auf einem von 4 Pferden gezogenen Wagen untergebracht. Trifft der Bohrer auf einen großen Stein oder auf Felsen, so muß das begonnene Loch aufgegeben werden. Im täglichen Durchschnitt lassen sich 65 Löcher gebrauchsfertig herstellen. — Wenn Stangen in Flugsand aufzustellen sind, verfährt man in Amerika unter geeigneten Verhältnissen so[18]): Man spült eine Grube von beliebiger Tiefe durch einen etwa 4 cm starken Wasserstrahl aus, den eine Dampfspritze der Feuerwehr liefert. Besonders einfach scheint weder dieses noch das vorher erwähnte Verfahren zu sein. — J. Orchiston[19]) zeigt im Bilde mit Beschreibung, wie am Fuße angefaulte Maste mittels Stücken von Eisenbahnschienen wieder standfest gemacht werden können. In Deutschland dienen demselben Zweck die sog. Klebpfosten aus Holz. — Bei dem bestehenden Kupfermangel würde es von Vorteil sein, wenn die Nachricht sich bewahrheitete[20]), daß verkupferte Drähte, bei denen der innere Kern aus reinem Eisen oder Stahl, der äußere Mantel aus reinem Kupfer und eine Zwischenschicht aus einer Kupfereisenlegierung besteht, fast die gleiche Leitfähigkeit für den elektrischen Strom besitzen, sich aber im Preise erheblich niedriger stellen als Drähte aus reinem Kupfer. Die Art der Herstellung solcher Drähte wird a. a. O. eingehend beschrieben. — Im Bereiche der Western Union Telegraph Co. gilt die Vorschrift[21]), daß der Widerstand der Batterieerdleitungen einer Hauptanstalt nur bis 0,1 $\Omega$, da-

gegen der von kleineren Anstalten bis 5 $\Omega$ betragen darf; bei Blitzableitererden werden bis 15 und bei Schutzdrähten gegen Hochspannungen bis 25 $\Omega$ zugelassen. Erdleitungen in Hochspannungsanlagen dürfen bis 100 $\Omega$ Widerstand haben. Es sind dies die Höchstwerte, die aber nur in außerordentlich trokkenem Erdreich erlaubt werden. — Die Frage, ob die Zubereitung des Holzes den elektrischen Widerstand von Telegraphenstangen verändert, ist, wie Fr. Moll[22]) berichtet, in Amerika untersucht worden. Das Ergebnis war, daß die Zubereitung mit Sublimat, Teeröl oder Zinkchlorid auf den Widerstand der Hölzer praktisch keinen Einfluß hat.

Im **Kabelbau** sind keine Neuerungen und Fortschritte zu erwähnen. Ob die Schlagwetterprüfer von Haber sowie von Beckmann u. Steglich[23]), die dazu bestimmt sind, den Methangehalt der Grubenluft festzustellen, geeignet sind, auch das Vorhandensein von Leuchtgas in den Kabelröhren und Kabelbrunnen unterirdischer Ortsnetze zu ermitteln, bedarf noch der Prüfung.

**Apparate.** Feuerhahn[24]) bespricht in einem längeren Bericht: I. den Normalfarbschreiber, II. den Klopfer, III. den Hughesapparat, IV. den Baudotapparat, V. den Maschinentelegraph von S & H, VI. den Ferndrucker, VII. die Galvanoskope, VIII. die Leitungs- und Batteriesicherungen, IX. die Gegensprecheinrichtungen, X. den zentralisierten Klopferbetrieb, XI. die Klappenschränke M. 11 für 4 Telegraphenleitungen, XII. die Umschalteeinrichtungen und den Aufbau der Einzelapparate. Von den eingeführten Verbesserungen sind besonders hervorzuheben: die einheitlichen Stromläufe der Hughesapparate, die es ermöglichen, daß jeder Apparat überall verwendet werden kann; bisher waren die inneren Schaltungen der Gewichts- und Motorapparate, der Gegensprech- und Mitleseapparate, der Motorapparate mit Kurbel- oder mit Momenteinschalter verschieden. Für die Baudotapparate, die jetzt auch in Deutschland hergestellt werden, werden Gestelle von der gleichen Höhe angefertigt wie für die Hughesapparate. Zu Gegensprechschaltungen werden nur noch fest zusammengefügte betriebsfertige Schaltsysteme ausgegeben in der Einrichtung für End- oder Übertragungsämter. Für Hughesgegensprechbetrieb gibt es solche in Differential- und in Brückenschaltung, für Schnelltelegraphenbetrieb nur solche in Differentialschaltung. Mit Hilfe eingebauter Schalter lassen sich die Stromläufe umändern für Gegensprechbetrieb mit Doppelstrom oder Einzelstrom, für Einfachbetrieb mit Doppelstrom oder Einzelstrom sowie für Erdstromschaltung. — Eine ebenfalls gute Übersicht über die in neuester Zeit verwendeten Telegraphenapparate und ihre Einrichtung gibt die Beschreibung des neuen in den Kriegsjahren 1914/15 erbauten Telegraphenamtes in München von Schreiber.[25]) — Morseleitungen zu Arbeits- oder Ruhestrombetrieb, in welche Zwischenanstalten eingeschaltet sind, können nie völlig ausgenützt werden, weil, solange zwei Ämter arbeiten, die anderen Ämter untätig bleiben müssen. Diesem Nachteil abzuhelfen gibt O. Srnka[26]) eine neue Verwendung der von Mercadier eingeführten harmonischen Telegraphie an. Es sollen alle Anstalten einer Leitung abgestimmte Empfänger (Monotelephone oder monophonische Telephonrelais) und besondere Sender (akustische Wechselstromerzeuger mit regulierbarer Periodenzahl) erhalten. Die Empfänger der einzelnen Anstalten sollen sich um 50 (mindestens um 40) Perioden oder ein Vielfaches davon unterscheiden, so daß der Apparat jedes Amtes nur auf die für ihn bestimmte Periodenzahl anspricht. Als Sender soll der Wechselstromerzeuger von A. Larsen[27]) dienen. Mit solcher Ausrüstung sollen mehrere Ämterpaare derselben Leitung gleichzeitig miteinander arbeiten können. Die Einrichtung einer Zwischenanstalt wird eingehend erläutert. — Der bekannte Schnelltelegraph von Pollak-Virág ist durch die Gesellschaft „La Télégraphie Rapide" in Paris verbessert worden.[28]) Durch Einbau einer konvexzylindrischen Linse zwischen dem lichtempfindlichen Papierstreifen und dem schwingenden Spiegel wird herbeigeführt, daß er schärfere Zeichen und längere Zeilen erzeugt als in seiner früheren Ausführungsform. — P. M. Rainey[29]) hat nach Art der Typendrucker von Baudot und von Murray für die Western Union

Company eine neue Form von Buchstabendrucker ausgearbeitet, der sich ebenso im Einfachbetriebe wie im Zweifachduplex-, Dreifachduplex-, Vierfachduplex- und im Multiplex-Betriebe verwenden läßt. — Die Arbeit von Rainey gibt D. Murray[30]) Anlaß, seinen Vielfach-Drucktelegraphen ausführlich in Erinnerung zu bringen. — Zum Baudot hat Taccani einen Hilfsapparat angegeben, den J. Marcel[31]) erläutert; er soll dazu dienen, sowohl die Beamten zu großer Arbeitsleistung anzuhalten als gleichzeitig die Leitung voll auszunutzen.

**Betrieb.** Wie der Doppelsprechbetrieb sich in Bayern entwickelt hat, berichtet G. Baumgarten.[32]) — Die elektrische Zugförderung mit hochgespanntem einphasigen Wechselstrom, bei der die Schienen zur Rückleitung benutzt werden, ist bereits auf einigen Eisenbahnen eingerichtet worden. Hierdurch werden in Telegraphenleitungen, die nahe bei oder auch in größerer Entfernung von dem Bahnkörper oberirdisch oder in Kabeln verlaufen, Störungen hervorgerufen. Solche Beeinträchtigungen des Telegraphenbetriebes, sowie die Wirkungsweise verschiedener Schutzvorrichtungen dagegen hat O. Brauns[33]) eingehend studiert. Er teilt die Ergebnisse seiner Influenzstrom- und Induktionsspannungsmessungen mit und macht Angaben über den Spannungsabfall im Erdboden. Der zweite Teil des Berichtes befaßt sich mit den Betriebsversuchen, die sich erstreckt haben auf den Siemens-Schnelltelegraphen, den Hughesapparat, den Wheatstoneapparat und auf den polarisierten Klopfer. Der dritte Teil enthält Angaben über den Wert verschiedener Schutzmaßnahmen. — Mit der telegraphischen Übermittlung von Bildern befassen sich mehrere neuere Vorschläge. J. Blondin[34]) bespricht den Vorschlag von G. Rignoux, der den Sender aus einer Reihe von Selenzellen zusammensetzt, von denen jede mittels der Ortsbatterie ein Relais beherrscht, das bei ihrer Belichtung einen Stromkreis der Linienbatterie schließt. An der einen Betriebsleitung liegt der eine Pol der Linienbatterie, während die zweite Leitung mit der umlaufenden Bürste eines Kommutators verbunden ist, dessen einzelne Segmente je mit einem der Relaisanker und dem andern Pol der Linienbatterie in Verbindung stehen. Der Empfangsapparat besteht aus einer zwischen die beiden Leitungsdrähte geschalteten Spule, in deren Öffnung eine mit Kohlentetrachlorid gefüllte Glasröhre eingeschoben ist. Diese Röhre wird von dem Lichtstrahl einer Bogenlampe durchsetzt, der nacheinander durch zwei Linsen und ein Nikolprisma hindurchgegangen ist. Hinter der Röhre muß der Lichtstrahl ein zweites Nikolprisma und nochmals zwei Linsen durchsetzen, um schließlich auf Spiegel zu fallen, die mit geringen Neigungsverschiedenheiten auf einer mit dem Kommutator der Sendestelle synchron umlaufenden Scheibe befestigt sind. Sobald eine Selenzelle belichtet wird, entsendet der Apparat einen Lichtstrahl, der an der Empfangsstelle auf einen Projektionsschirm fällt. Bei hinreichend großer Umlaufsgeschwindigkeit der Bürsten und der Scheibe mit den Spiegeln erscheint dem Beobachter ein zusammenhängendes Bild auf dem Schirm. Ein zweiter Vorschlag bezweckt, zur Bildübermittlung die Leitungen nicht so lange in Anspruch zu nehmen, wie dies bei den bisher bekannten Anordnungen notwendig ist. Der Erfinder C. Stille[35]) trennt die optischen und die telegraphischen Einrichtungen, indem er das Verfahren von Poulsen, Stromschwankungen mittels eines Elektromagnets einem Stahlbande aufzudrücken, benutzt. Das Stahlband durchläuft ziemlich schnell den Sendeapparat, dessen Stromstöße in die Doppelleitung gelangen und am Empfangsende sich mit Hilfe eines Elektromagnets einem anderen Stahlbande aufdrücken. Das hier erhaltene Wellenbild wird in einer optischen Umformerstation in das Bild zurückverwandelt. Die beiden Stahlbänder brauchen nicht gleich rasch zu laufen, jedes für sich muß aber gleichmäßig vorwärts bewegt werden. — Da bei diesem Verfahren die am Zielort ankommenden Ströme wenig wirksam waren, erdachte C. Stille eine Verbesserung, bei der zwei Kraftlinienfelder gleichzeitig von starkem Gleichstrom und schwachem Wechselstrom erregt sich übereinander lagern und auf eine Polarisationsröhre mit zwei Nikolprismen einwirken. Außer diesem neuen Vorschlage von C. Stille werden noch folgende

aus der jüngsten Zeit in der Zeitschrift Helios[36]) besprochen: 1. ein von C. Stille angegebenes Verfahren, bei dem Zellen mit doppelseitig wirkenden Elektroden verwendet werden. Solche Zellen, deren Kathode eine unbedeckte Silberplatte und deren Anode eine mit Chlor- oder Jodsilber bedeckte Silberplatte ist, entwickeln eine elektromotorische Kraft, sobald die salzbedeckte Elektrode vom Licht getroffen wird; 2. das Verfahren von Sandor Fickert, der nicht Selenzellen sondern Selenelemente und ein polarisiertes Stufenrelais mit mehreren senkrecht hängenden magnetischen Kontaktzungen benutzt; 3. eine von Johannes Adamian angegebene Einrichtung, welche die Wiedergabe von Bildern bezweckt, die nach der sog. statistischen Methode durch eine größere Anzahl von Abstufungen der Helligkeitswerte telegraphisch übermittelt worden sind; 4. die Anordnung von Michel Schmierer, in der eine besonders eingerichtete Glimmlichtröhre, die stärkeres Licht als eine gewöhnliche Geißlersche Röhre ausstrahlt, dazu dient, die übermittelten Bilder unmittelbar autotypieartig herzustellen, damit sie ohne Zuhilfenahme eines Rasters auf eine Zinkplatte übertragbar sind. — Die Schaltung zum Kabelbetriebe von John Gott[37]) wird wiederholt besprochen[38]) und ausführlich erklärt.[39]) — G. O. Squier[40]) will mit sinusförmigem Wechselstrom von 4 bis 10 Perioden, der in den Kabeln ohne Unterbrechung fließt, arbeiten. Er schaltet den Generator mit der primären Wicklung eines Transformators und mit einem Widerstande in einen Stromkreis. Die sekundäre Wicklung ist an die Leitung angeschlossen. Mit dem Generator synchron läuft ein gelochter Streifen durch den Geber. Die Einrichtung ist so getroffen, daß ein Zeichen nur in dem Augenblick begonnen werden kann, wenn der Strom seine Richtung wechselt, also gleich Null ist. Wird ein Punkt gegeben, so wird ein Teil jenes Widerstandes etwa für die negative Phasenhälfte ausgeschaltet, wird aber ein Strich gegeben, so wird der ganze Widerstand für eine positive Phasenhälfte kurz geschlossen. Auf diese Weise werden jeweils nur die Amplituden verändert. Als Empfangsapparat dient ein Kabeltelegraphenrelais mit schwingendem Goldfaden von Muirhead. Der ständig fließende Wechselstrom versetzt den Faden in nur geringe Schwingungen, wobei keines der seitlich stehenden Kontaktpaare berührt wird, aber beim Senden eines Punktstromes schließt der Faden den Ortsstrom, der den Punktarm des Heberscheibers bewegt. Beim Geben eines Striches wird das Kontaktpaar auf der andern Seite geschlossen und der Strichhebel des Scheibers bewegt. — E. Raymond-Barker[41]) bemerkt dazu, daß auch er bemüht gewesen sei, auf ähnlichem Wege Verbesserungen für den Kabelbetrieb zu schaffen. — Bei einem neuen Verfahren, die Telegraphierzeichen aus Kabeln unmittelbar auf die Landlinien zu übertragen[42]), wird eine Wheatstonesche Brücke verwendet, die aus zwei Selenzellen und zwei verstellbaren Widerständen zusammengesetzt ist; die eine Diagonale enthält die Batterie, die andere wird aus zwei Freileitungen gebildet und enthält als Empfangsapparat ein Klopferrelais oder einen Unterbrecher in Verbindung mit zwei Fernhörern. In das Kabel ist ein Galvanometer eingeschaltet, dessen Spule einen Parabolspiegel trägt, der — wenn eine Ablenkung nach der einen oder anderen Seite erfolgt — die Strahlen einer starken Lichtquelle auf die eine oder die andere Selenzelle in der Brücke vereinigt. Hierdurch wird das Gleichgewicht gestört und der Empfangsapparat erregt. Die Trägheit der Selenzellen läßt sich dadurch ausgleichen, daß statt einer zwei Brücken verwendet werden; mit dieser Anordnung kann sehr schnell gearbeitet werden.

**Verwaltung.** In England[43]) sind die Telegrammgebühren vom 1. Novbr. 1915 ab erheblich erhöht worden. — Die italienische Telegraphenverwaltung[44]) hat in Genua im Oktober 1914 für ihre Beamten ein Wettarbeiten veranstaltet. Am Baudot wurden in 80 Minuten bei 180 Umdr./min (mögliche Höchstleistung 1442 Worte) rd. 1430 Worte erreicht, am Hughes in der gleichen Zeit bei 130 Umdr. 1790 Worte; die mögliche Höchstleistung war nicht festgestellt worden. Die Arbeiter am Hughes hatten aber weit mehr Fehler unberichtigt gelassen als die am Baudotapparat. Was die Beamten am Morseapparat geleistet haben,

wird nicht angegeben. — In kurzer, klarer Darstellung werden die Einrichtungen und Aufgaben der deutschen Etappentelegraphie besprochen.[45]) — Eine vergleichende Statistik umfaßt das Telegraphenwesen fast aller Staaten aus dem Jahre 1913 im Journal Télégraphique[46]), während sich eine Zusammenstellung über den Umfang des Fernsprech- und Telegraphenwesens in den wichtigsten europäischen Ländern im Arch. Post Telegr. findet.[47]) Dieselbe Zeitschrift bringt ferner Nachrichten über das Telegraphenwesen in Italien für 1910/11, in den Vereinigten Staaten von Amerika für 1907/12, Österreich für 1913, die Schweiz für 1914 und Schweden für 1914.[48]) — Rußland und Japan[49]), gleicherweise von dem Wunsche beseelt, den telegraphischen Verkehr beider Länder zu erleichtern und davon überzeugt, daß diese Absicht nicht besser als mittels der Durchverbindung von Leitungen zu erreichen sei, hatten im Jahre 1914 am 18. April a. St. feste Verabredungen getroffen, die am 19. Juli (1. Aug. n. St.) bestätigt wurden, daß auf Korea nahe bei Podgornoe und auf der Insel Sachalin zwischen Onor und Shikuku Telegraphenlinien als Zwischenglieder zwischen den dort endigenden russischen und japanischen Linien auf gemeinschaftliche Kosten herzustellen wären. Als Verkehrssprache auf den die beiden Länder unmittelbar verbindenden Leitungen wurde die französische mit dem Vorbehalt bestimmt, daß sie — wenn die Umstände es erfordern — durch die englische ersetzt werden soll.

[1]) Telegr. u. Fernspr.-Techn. Jg 4, S 5, 20, 128, 189, 197. — [2]) O. Arendt, ETZ 1915, S 189, 200. — [3]) J. Télégr. 1915, S 1. — [4]) Telegr. u. Fernspr.-Techn. Jg 4, S 24. —ETZ 1915, S 165. — J. Télégr. 1915, S 143. — [5]) H. W. Malcolm, Electr. (Ldn.) Bd 74, S 525, 593, 672, 737, 810, 884; Bd 75, S 95, 198, 270. — [6]) Z. vgl. JB 1914, S 151. — [7]) A. Kunert, Telegr. u. Fernspr.-Techn. Jg 4, S 73, 85, 96, 104, 109, 117, 125, 136, 150 179, 195 (wird fortgesetzt). — [8]) A. Pillonel, J. Télégr. 1915, S 169, 193, 217. — [9]) Kunststoffe 1915, Nr 2. — D. Verkehrs-Z. 1915, S 259. — Telegr. u. Fernspr.-Techn. Jg 3, S 24; Jg 4, S 155. — [10]) Bruno Simmersbach, Telegr. u. Fernspr.-Techn. Jg 4, S 1, 18, 27. — [11]) F. L. Rhodes, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 2343. — [12]) Fr. Moll, Kunststoffe 1915, S 210, 219. — [13]) Fr. Moll, Helios Fachz. 1915, S 560. — [14]) R. Nowotny, El. Masch.-Bau 1915, S 565. — [15]) Kunststoffe 1915, S 265. — [16]) Fr. Moll, ETZ 1915, S 449. — [17]) A. Palme, El. Masch.-Bau 1915, S 572. — [18]) El. Masch.-Bau 1915, Anhang S 259. — [19]) J. Orchiston, El. World Bd 66, S 172. — [20]) Telegr. u. Fernspr.-Techn. Jg 4, S 115 (nach Z. Österr. Ing. Arch. Ver.). — [21]) J. Télégr. 1915, S 191. — [22]) Fr. Moll, El. Kraftbetr. 1915, S 401. — [23]) Telegr. u. Fernspr.-Techn. Jg 4, S 64 (nach Dingl. Polyt. J. 1915). — [24]) Feuerhahn, Telegr. u. Fernspr.-Techn. Jg 3, S 225, 238. — [25]) Wilh. Schreiber, Telegr. u. Fernspr.-Techn. Jg 4, S 141, 157, 173. — [26]) O. Srnka, El. Masch.-Bau 1915, S 555. — [27]) A. Larsen, ETZ 1911, S 284. — [28]) Tel. u. Fernspr.-Techn. Jg 3, S 201. — [29]) P. M. Rainey, El. World Bd 65, S 848. — [30]) Donald Murray, El. World Bd 65, S 1284. — [31]) Jovene Marcel, J. Télégr. 1915, S 122. — [32]) Georg Baumgarten, Telegr. u. Fernspr.-Techn. Jg 4, S 45. — [33]) O. Brauns, ETZ 1915, S 213, 230, 256. — [34]) J. Blondin, El. World Bd 65, S 479. — Telegr. u. Fernspr.-Techn. Jg 4, S 11. — [35]) Telegr. u. Fernspr.-Techn. Jg 3, S 237. — Helios Fachz. 1915, S 459. — [36]) Helios Fachz. 1915, S 529, 537. — [37]) Z. vgl. JB 1913, S 158 u. Anm. 55. — [38]) J. Télégr. 1915, S 97. — [39]) Telegr. u. Fernspr.-Techn. Jg 4, S 33. — [40]) G. O. Squier, El. Masch.-Bau 1915, S 561 (nach Journ. Frankl. Inst. 1915 Sept.). — Electr. (Ldn.) Bd 75, S 466, 513. — [41]) E. Raymond-Barker, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 519. — [42]) Telegr. u. Fernspr.-Techn. Jg 3, S 199 (nach Telegraph and Telephone Age vom 1. Sept. 1914). — Helios Fachz. 1915, S 459. — [43]) J. Télégr. 1915, S 239. — [44]) J. Télégr. 1915, S 7. — [45]) Z. Post. Telegr. (Wien) 1915, Nr 19. — Telegr. u. Fernspr.-Techn. Jg 4, S 92. — [46]) J. Télégr. 1915, S 80, 104. — [47]) Arch. Post. Telegr. 1915, S 368. — [48]) Arch. Post. Telegr. 1915, S 21, 34, 124, 313, 353. — [49]) J. Télégr. 1915, S 137.

## Telegraphie ohne fortlaufende Leitung.

Von Geh. Postrat Dr. F. Breisig.

**Einfluß der Atmosphäre.** Duddell[1]) hat für die Internationale Kommission für Funkentelegraphie einen Vorbericht mit einer Zusammenstellung ihrer Aufgaben gemacht. Diese umfassen die Schaffung eines Senders mit bekannter und konstant zu haltender Ausstrahlung, Messung der ausgestrahlten Leistung an zahlreichen verschieden gelegenen Empfangsstationen unter veränderlichen Bedingungen des Senders, gleichzeitige Messungen des Empfangs unter den jeweils gegebenen atmosphärischen Verhältnissen. Zur Kontrolle der Ausstrahlung sollen besondere Meßantennen nicht zu fern vom Sender dienen. Die technischen Hilfsmittel für diese Zwecke werden im einzelnen besprochen. — Marchant[2]) beschreibt System und Ausführung von Messungen, die an einer Station in Liverpool über die Veränderlichkeit der Stärke der empfangenen Zeichen angestellt wurden, im Austausch mit den Sendestationen in Paris, Brüssel und Clifden. Sie betreffen hauptsächlich die bei Sonnenuntergang eintretenden Änderungen. Die stärksten wurden indessen bei Nacht gefunden, insbesondere wenn durch Regenfall die Ionisation der Atmosphäre vermindert worden war. — Fleming[3]) weist in einer Besprechung der Brechung elektrischer Wellen in der irdischen Atmosphäre darauf hin, daß die Erde unter den Himmelskörpern eine Ausnahmestellung einnehme, indem ihre Atmosphäre erlaube, rund herum Zeichen zu senden.

**Messungen auf große Entfernungen.** Fuller[4]) leitet aus Versuchen San-Francisco - Honolulu (3880 km) mit andauernden Wellen (Maschine oder Lichtbogen) die Formel für das Verhältnis der Ströme im Empfänger $I_r$ und Sender $I_s$ bei Tageslicht und über See ab:

$$\frac{I_r}{I_s} = \frac{377\, h_1 h_2}{\lambda R d} \sqrt{\frac{\vartheta}{\sin \vartheta}}\, e^{-0{,}0032 \frac{d}{\lambda}}.$$

wo $h_1 h_2$ die Höhen von Sende- und Empfangsantenne, $d$ ihr Abstand, $\lambda$ die Wellenlänge, alle in km gerechnet sind. $R$ ist der (Strahlungs-?) Widerstand der Empfangsantenne in Ohm, $\vartheta$ der dem Abstand $d$ entsprechende Winkel zweier Lote beim Sender und Empfänger. Die Versuche fanden von Januar bis Juni statt. Aus Versuchen im November und Dezember zwischen Tuckerton und Honolulu (8000 km) wurde die obige Formel bestätigt; im Winter scheint Land sich ungefähr so wie See zu verhalten. Es zeigten sich dabei Brechungserscheinungen mit Interferenzzonen von etwa 18 km Breite. — Hogan[5]) teilt die für den United States Navy Yard nach der Formel von Austin

$$\frac{I_r}{I_s} = 4{,}25 \frac{h_1 h_2}{\lambda d}\, e^{-0{,}0015 \frac{d}{\sqrt{\lambda}}}$$

berechneten Kurventafeln für Reichweiten mit. Leider ist die Formel vorher so umgerechnet worden, daß die Antennenhöhen in Fuß, die Wellenlängen in Metern und die Entfernungen in Seemeilen zu messen sind! — Abraham, Dufour und Ferrié[6]) berichten über eine Messung der Geschwindigkeit elektrischer Wellen. Mittels photographischer Mikrogalvanometer, welche einen Zeitunterschied von $10^{-5}$ Sek. „absolut genau" zu messen gestatten, wurde auf einer Station 1 die Zeit $T_1$ vom Abgehen eines Zeichens bis zum Eintreffen eines Antwortzeichens gemessen, auf der Station 2 die Zeit $T_2$ vom Eintreffen des ersten bis zum Abgang des zweiten. Die Zeit $T_1 - T_2$ gibt die doppelte Laufzeit der Wellen. Es ergibt sich, daß diese anscheinend etwas langsamer als Lichtwellen laufen.

**Antennen als Sender.** L. Cohen[7]) gibt Formeln und Kurven zur Berechnung der Länge der Grundwelle und der Obertöne einer Antenne, die über eine Spule geerdet ist. Die Kurven geben Wurzeln der transzendenten Gleichung

$\cot u = u \frac{L_0}{L_1}$, wo $L_1$ die gesamte Induktivität der Antenne, $L_0$ die der Spule ist. Bedeutet $C_1$ die gesamte Kapazität der Antenne, so ist die Wellenlänge der Grundwelle $\lambda = 2\pi \sqrt{L_1 C_1}/u$. — Bethenod[8]) schlägt vor, bei langen Wellen den Antennendraht in einer flachen Spirale mit nahezu wagrechter Fläche aufzuhängen, bei der die Antennenzuleitung innen liegt. Mit 4 Türmen von 65 m Höhe, in den Ecken eines Quadrats von 150 m Seitenlänge als Trägern, könne man eine Antenne mit 5500 m Eigenwelle bauen, während eine 11drähtige wagrechte Antenne auf 2 · 3 Türmen gleicher Höhe und je 150 m Abstand eine Eigenwelle von nur 3500 m habe.

**Gerichtete Sender.** Artom[9]) hat aus der Antenne für gerichtete Telegraphie in der Form ╱╲, indem er beide Teile um die mittlere Senkrechte schwenkte und derartige Teile kegelförmig um einen mittleren Träger anordnete, ein Antennensystem geschaffen, aus dem er beliebige Teile mit bestimmten Richtungseigenschaften auswählen kann. Für Empfangszwecke empfiehlt er, die oberen Enden gemeinsam zu erden, nachdem Kondensatoren in die wagrechten Zweige gelegt sind. — Bellini[10]) bespricht zunächst die Diagramme der Ausstrahlung für gerichtete Antennen, die aus zwei entgegengesetzt schwingenden Teilen bestehen und zeigt, daß die richtende Wirkung gering ist. Sie wächst aber, wenn man solche Systeme mehrfach in einer zur Hauptfortpflanzungsrichtung senkrechten, in Abständen von halben Wellenlängen nebeneinander setzt. Die Formeln und Diagramme für 4, 9, 50 Paare werden gegeben. Letztere Anordnung gibt Strahlung fast nur in einer Richtung.

**Berechnung der Antennenkapazität.** Howe[11]) gibt eine annähernde Berechnungsweise für die Kapazität von Mehrfachantennen an. Sein Gedankengang ist folgender. Auf einer Mehrfachantenne herrscht, im statischen Zustand, überall dasselbe Potential, dagegen sind die Ladungen der Flächeneinheit von Ort zu Ort verschieden. Unter den obwaltenden Verhältnissen der Drahtstärken und Abstände kommt die wahre, schwer zu berechnende Verteilung ungefähr folgender gleich. Man denke sich alle Leiter in kurze isolierte Stücke geteilt, deren jedes dieselbe Ladung für die Längeneinheit erhält; sie werden alle verschiedene Potentiale haben. Wenn man sie leitend verbindet, so gleichen sich die Mengen bei konstanter Gesamtmenge aus, und das Ganze erhält ein durchschnittliches Potential. Als dieses läßt nun Howe den Durchschnitt der Potentiale bei der angenommenen Verteilung gleicher Flächendichte gelten. Als Beispiele werden durchgerechnet und durch Kurven dargestellt flache und kastenförmige, wagrechte, mehrdrähtige Antennen, der Einfluß der senkrechten Zuführungsdrähte, Antennen mit im Winkel aneinander stoßenden Drähten. Hieraus ergeben sich Formeln für die Kapazität von Schirmantennen, deren Ergebnisse sich innerhalb der Grenzen, die durch die zur Vereinfachung der Rechnung gebotenen Annahmen über die Gestalt gegeben sind, mit den beobachteten Werten decken.

**Frequenzwandlung.** Goldsmith[12]) gibt eine Übersicht über die Entwicklung der Frequenzwandler. Unter den Hochfrequenzmaschinen für diesen Zweck gibt er als erste eine von Petersen an, die von Gleichstromhochspannung ausgeht. Auf derselben Achse sitzen mehrere Sätze von Kondensatoren, jeder mit zwei festen und zwei beweglichen Platten. Wird die Achse gedreht, so fließt ein Wechselstrom gegebener Frequenz von den Anschlüssen der beweglichen Teile des ersten Kondensators in die festen des zweiten; dieser Kreis ist für diese Frequenz abgestimmt. Von den beweglichen Teilen des zweiten geht ein Wechselstrom der doppelten Frequenz in einen darauf abgestimmten Kreis, der zu den festen Teilen des dritten Kondensators führt, und dies setzt sich arithmetisch fort. Elektromagnetische Maschinen desselben Prinzips sind von Arnold und Korda 1893, Cohen 1908, Bouthillon 1913 angegeben worden; den Abschluß der Entwicklung bildet die Maschine von Goldschmidt, bei der alle Steigerungen in einem Anker erfolgen. Frequenzwandler ohne bewegliche Teile, die auf der Ventilwirkung beruhen, sind angegeben von Kruh (1905) mit einer

Quecksilberdampflampe, von Zenneck mit Al-Zellen. Von den auf der Erscheinung der magnetischen Sättigung beruhenden werden erwähnt Anordnungen nach Goldschmidt, Epstein (1902), Joly (1910), Vallauri (1911), welche die Grundlagen der heute benutzten statischen Frequenzwandler bilden. — Marconi's Wireless Tel. Co. und Franklin[13]) benutzen zur Frequenzsteigerung in Reihe mit dem Wechselstromerzeuger einen Gleichrichter und eine Gleichstromquelle; die gleichgerichteten Wechsel werden durch einen Transformator geleitet, dessen Sekundärkreis auf die doppelte Frequenz abgestimmt ist. Mehrere solcher Anordnungen können stufenweise hintereinander gelegt werden.

**Verstärkungsapparate.** Ultraudion nennt de Forest[14]) eine besonders zur Abgabe andauernder Schwingungen geeignete Form seines Detektors. Außer verschiedenen bekannten Anordnungen in der drahtlosen Telegraphie berichtet er über die mit dem Schnelltelegraphen der Federal Telegr. Co., bei dem die mit dem Tikker aufgenommenen Zeichen dreifach verstärkt und bei hoher Frequenz, durch Eigenschwingungen des Ultraudions erzeugt, auf einen Phonographen aufgeschrieben werden, von dem sie mit erheblich geringerer Geschwindigkeit, etwa $^1/_{12}$, als Töne von 500 Perioden abgelesen werden können. — Kunz[15]) beschreibt ein photoelektrisches Relais, welches in einer Röhre eine verschiebbare Al-Kathode enthält, die bei luftleer gemachter Röhre mit Rubidium bedeckt wurde. Dann wird Wasserstoff zugelassen. Außer der genannten Elektrode enthält die Röhre noch zwei ihr parallele Gitter, zwischen denen eine Spannung bis zu 136 V aufrechterhalten wird. Wird die Kathode durch eine Lichtquelle beleuchtet, so entsteht ein schwacher Strom zwischen ihr und der nächsten Elektrode, ein etwa 100 bis 300mal so starker zwischen den Gittern. Durch diesen können Relais bewegt werden. — Langmuir[16]) bespricht die Entladungsvorgänge in sehr hoch entleerten Räumen, die er als reine Elektronenaussendung kennzeichnet gegenüber den Entladungen in Räumen, in denen noch etwa $10^{-5}$ mm Gasdruck herrscht. Sind dies Quecksilberdämpfe, so entwickeln sie nach des Verfassers Anschauung hinreichend viele positive Ionen, die die Elektronenaussendung stark neutralisieren und dadurch die Stromlieferung der Kathode bei gegebener Spannung stark erhöhen. Auch andere Gase befördern die Aussendung, während solche, die Sauerstoff enthalten, sie vermindern. Der Aufsatz befaßt sich dann mit den als auf reiner Elektronenaussendung beruhend bezeichneten Anordnungen, von denen die mit nur zwei Elektroden als Kenotron (Luftleerapparat), die außerdem ein Gitter enthaltenden als Pleiotron (Verstärker) bezeichnet werden, und ihrer Anwendung auf Telephonie ohne Draht. — Marconis Wireless Tel. Co. und Round[17]) verwenden einen Gasempfänger, bei dem die heiße Kathode von dem Gitter und der kalten Anode zylindrisch umgeben sind. Der Empfangskreis zwischen Kathode und Anode ist etwas gegen die Empfangsfrequenz verstimmt. Dadurch werden auch andauernde Wellen durch Töne hörbar.

**Empfang durch schwebende Schwingungen.** Taylor[18]) beschreibt Versuche, die auf der Station Grand Forks in North Dakota mit Doppelaudionen gemacht wurden, durch welche andauernde Wellen mittels der durch eine örtliche Hochfrequenzquelle erzeugten Schwebungen hörbar gemacht werden. Aus den Berichten, deren Einzelheiten nicht erörtert werden können, ergibt sich, daß die Zeichen der deutschen Stationen Nauen und Eilvese dort, auf 6900 km, regelmäßig zu hören sind. — Unter der Annahme, daß der in Kristalldetektoren erzeugte Strom dem Quadrat der Spannung im Empfangskreis proportional sei, berechnet Latour[19]) das Verhältnis der Ströme mit und ohne gleichperiodige Hilfsspannung (heterodynen Empfang); es zeigt sich, daß dies bei gleicher Frequenz beider Spannungen von dem Phasenunterschied abhängt. Da bei verschiedener Frequenz alle Phasenunterschiede eintreten, ist das die Empfangsempfindlichkeit darstellende Verhältnis der Ströme als Mittel über alle Phasenunterschiede zu berechnen. Es ergibt sich zu dem Wert $4\ V/\pi v$, wo $v$ die empfangene, $V$ die Hilfsspannung ist.

**Gekoppelte Kreise.** Skritzky[20]) beschreibt Messungen, die er an zwei gekoppelten Kreisen angestellt hat, deren Funkenstrecke nach seiner Annahme gleiche Eigenschaften wie diejenige des Marconischen Scheibensenders hatte, um über die Arbeitsweise der großen Marconischen Stationen Aufschluß zu erhalten. Er kommt zu dem Ergebnis, daß diese sehr lose gekoppelte ($\varkappa = 0{,}01$ bis 0,025) Kreise enthalten, die demnach praktisch einwellig sind, daß zwar keine Stoßerregung stattfindet, daß aber durch die vorzeitige Auslöschung des Funkens eine jener ähnliche Wirkung erzeugt wird, die sich in einer scheinbaren Verminderung der Dämpfung der Sekundärschwingungen äußert. Der Wirkungsgrad war bei den Messungen 55 bis 65%, und wird in dieser Höhe auch für die Großstationen angenommen. — Howe[21]) untersucht die im JB 1914, S 158 erörterte Anordnung von Girardeau für einen gekoppelten Sender, der eine einzige Welle aussendet, rechnerisch unter praktisch möglichen Annahmen und findet, daß die grundsätzlichen Forderungen nur erfüllt sein können, wenn die Kreise außerordentlich hohe Dämpfungsdekremente haben, die nur durch Zusatzwiderstände zu erreichen wären. Auch die neue Anordnung mit einem kapazitätsfreien Zwischenkreis wird als unwirksam bezeichnet. — Als Modell gekoppelter Kreise benutzt Lyle[22]) einen kleinen Wagen mit vier Rädern, die möglichst ohne Reibung auf zwei gleich hohen wagrechten Unterlagen laufen; an dem Wagen hängen zwei Pendel. Die Koppelung kann durch Belastung des Wagens geändert werden.

**Verschiedene Empfangseinrichtungen.** Leimer[23]) berichtet, daß der Empfang drahtloser Signale des Eiffelturms merklich verbessert wurde, wenn man an das freie oder das abgeleitete Ende der Antenne ein Glasrohr brachte, das 0,01 g Radiumbromid enthielt. Die Antenne mußte dabei im Sinne einer Wellenverkürzung verändert werden, um die größte Wirkung zu bringen. — Leimer[24]) beschreibt ferner ein Relais zur Wiedergabe der mit einem Elektrolytdetektor aufgenommenen Zeichen. Seine magnetische Anordnung entspricht derjenigen des Ruß-Schreibers; die Spule ist sehr leicht und zwischen gespannten Drähten aufgehängt. Als Kontakte dienen, in der Achse der Spule gelegen, eine gewölbte polierte Platinfläche und eine polierte Platinspitze. Die Empfindlichkeit hängt von der Felderregung ab; es genügen 25 $\mu$A, bei Anwendung eines Zwischenrelais vor dem Schreibapparat. — Um während des Sendens in den Zeichenpausen Empfang zu ermöglichen, verwendet Telefunken[25]) eine Schalteinrichtung, deren wesentliche Kennzeichen darin bestehen, daß Speisestrom und Detektor doppelpolig an getrennten Hebeln abgeschaltet werden, daß das Empfangssystem während des Sendens kurzgeschlossen und in den Pausen durch einen Blockkondensator geschützt ist, während Restladungen der Antenne parallel dazu durch eine Drossel einen Weg zur Erde finden. — Leimer[26]) teilt zwei Fälle mit, in denen das eiserne Gerüst eines Gebäudes den Empfang drahtloser Nachrichten solange beeinträchtigte, bis man es mit den nächstgelegenen Teilen der Antenne leitend verband; das Gerüst hatte einen hohen Erdwiderstand, etwa 300000 bis 800000 $\Omega$.

**Strommesser für Antennenströme.** Campbell und Dye haben Versuche angestellt, um Hochfrequenzströme (bis $2.10^6$ Per/s) bis zu 50 A zu messen. Sie berichten zunächst über Thermoelemente aus Eisen und Konstantan oder Manganin und Konstantan mit einem von dem zu messenden Strom durchflossenen Heizdraht, das Ganze in Paraffinöl eingebettet. Bei einer durch Versuch zu ermittelnden gegenseitigen Lage ergibt sich eine Gerade für die Kurve Stromstärke gegen Ausschlag. Ferner eignen sich besonders Transformatoren angemessener Konstruktion, sowohl solche ohne als mit Eisenkern; die mitgeteilten Versuche zeigen ein von der Wellenlänge fast unabhängiges Übersetzungsverhältnis.

**Großstation des Eiffelturms.** Ein Ungenannter beschreibt[28]) nach örtlichem Augenschein die drahtlose Station des Eiffelturms, welche etwa 350 m seitlich von diesem, von Gebüschen versteckt und unter die Oberfläche versenkt, im Marsfeld eingebaut ist. Obwohl die tatsächlichen Leistungen erheblich sind, wird die Anlage im einzelnen als verbesserungsbedürftig bezeichnet. Die Hoch-

spannungsinstallation sei lebensgefährlich, das Geräusch der Sender und die bis zum Sprühen getriebene Beanspruchung der Antenne machten die Zeichen Millionen von Menschen sichtbar und hörbar. Die Zeitzeichen von $10^h$ und $10^h 45^m$ morgens zeigten Differenzen bis zu 92 s.

**Fernsprechen mit hochfrequenten Schwingungen.** Die American Telephone & Telegraph Co.[29]) hat mit Erfolg Versuche mit drahtloser Telephonie zwischen Arlington und Kalifornien, und zwar nach Mare Island, 4000 km, und San Diego, 3700 km, ausgeführt. Arlington war durch eine Leitung mit New York verbunden, und die von New York ausgehenden Sprechströme wurden in Arlington durch Relais auf den Sender übertragen. Nach den mit Rücksicht auf Patentfragen etwas zurückhaltenden sonstigen Angaben sind anscheinend auch unterwegs noch Relaisstationen tätig gewesen. Ein Teil der von New York gesprochenen Worte wurde in Honolulu, 7900 km entfernt, mitgehört. — In Erweiterung seiner früheren Mitteilungen über drahtlose Telegraphie auf der Delaware, Lackawanna & Western Railroad (JB 1914, S 161) beschreibt Hogan[30]) Versuche mit drahtloser Telephonie vom Zuge nach Zwischenstationen. Die Hochfrequenzschwingungen werden aus einem Wechselstrom mit 3000 Per/s mittels dreifacher Wolfram-Funkenstrecke gewonnen; als Gleichrichter dient ein Audion, und im Zuge werden die Zeichen durch drei Audione hintereinander verstärkt. Obwohl die Einrichtung im Betrieb manchmal sehr gut arbeiten soll, hat Hogan wegen des Funkengeräusches auf 40 km Entfernung nur „Hello“ und einige geläufige Redensarten verstehen können. Man hofft aber, doch noch etwas daraus zu machen. — Hund[31]) bespricht die Theorie des Gasverstärkers (Pleiotron) nach den für die General Electric Co. ausgeführten Versuchen und gibt die Anwendung auf drahtlose Telephonie an. Parallel zur Antennenabstimmspule wird ein symmetrischer Verstärker gelegt (auf beiden Seiten des Fadens je ein Gitter, beide elektrisch verbunden, und eine kalte Elektrode, letztere zur Antennenspule). Der Mikrophonkreis steht durch einen Spannungstransformator mit dem Speisekreis und dadurch mit den Gittern in Verbindung. Es gelang, mit einem Verstärker 150 V Spannungsänderung durch Musik oder Sprache hervorzubringen und auf diese Weise 2 kW Schwingungsleistung für die drahtlose Telephonie nutzbar zu machen. — Round[32]) beschreibt Anordnungen der Marconi-Gesellschaft, um drahtloses Fernsprechen zu ermöglichen, in denen Gasentladungsapparate als Sender und als Verstärker tätig sind. De Forest weist auf seine grundlegenden Erfindungen aus 1907 und seine letzten Veröffentlichungen über das Ultraudion als Schwingungserzeuger hin.

[1]) W. Duddell, Electr. (Ldn.) Bd 74, S 456. — [2]) E. W. Marchant, Electr. (Ldn.) Bd 74, S 621, 674. — [3]) J. A. Fleming, Electr. (Ldn.) Bd 74, S 152. — [4]) L. F. Fuller, El. World Bd 65, S 983. — [5]) J. L. Hogan, El. World Bd 66, S 1250. — [6]) H. Abraham, A. Dufour u. G. Ferrié (nach Industr. él. 25. 3. 15), El. World Bd 65, S 1247. — [7]) L. Cohen, El. World Bd 65, S 286. — [8]) Bethenod (nach Rev. él. 5. 3. 15), El. World Bd 66, S 412. — [9]) A. Artom, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 434. — [10]) E. Bellini, Electr. (Ldn.) Bd 74, S 352. — [11]) G. W. O. Howe, Electr. (Ldn.) Bd 73, S 829, 859, 906; Bd 75, S 870. — [12]) A. N. Goldsmith, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 461, 508. — [13]) Marconi's Wireless Tel. Co. u. C. S. Franklin, EP (1913) 13637 (nach El. Engin. Ldn. 9. 7. 14), El. World Bd 64, S 874. — [14]) Lee de Forest, El. World Bd 65, S 465. — [15]) J. Kunz, El. World Bd 66, S 934. — [16]) J. Langmuir, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 240. — Gen. El. Rev. 1915, S 327. — [17]) Marconi's Wirel. Tel. Co. u. H. J. Round (nach El. Engin. 7. 1. 15), EP (1913) 28413, El. World Bd 65, S 295. — [18]) A. H. Taylor, El. World Bd 65, S 652. — [19]) M. Latour, El. World Bd 65, S 1039. — [20]) N. Skritzky, Electr. (Ldn.) Bd 76, S 348. — [21]) G. W. O. Howe, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 662. — [22]) F. R. Lyle (nach Engineering 13. 9. 14), El. World Bd 64, S 1117. — [23]) E. Leimer, ETZ 1915, S 94. — [24]) E. Leimer, ETZ 1915, S 598. — [25]) ETZ 1915, S 473. — [26]) E. Leimer, ETZ 1915, S 360. — [27]) A. Campbell u. D. W. Dye, Electr. (Ldn.) Bd 74, S 805. — [28]) ETZ 1915, S 175. — [29]) American Telephone & Telegraph Co, El. World Bd 66, S 788. — [30]) J. L. Hogan, El. World Bd 66, S 562, 570. — [31]) A. Hund, El. Masch.-Bau 1915, S 529. — [32]) H. J. Round, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 314. — Lee de Forest, S 559.

# XI. Telephonie.

Theorie, Leitungsbau. Von Geh. Postrat Prof. Dr. F. Breisig, Berlin. — Apparate, Fernsprechbetrieb. Von Telegraphen-Ingenieur Karl Höpfner, Berlin.

## Theorie, Leitungsbau.

Von Geh. Postrat Dr. F. Breisig.

**Theorie der Fernsprechleitungen.** Shepherd[1]) beschreibt eine künstliche oberirdische Fernsprechleitung des General Post Office. Sie soll eine wirkliche Leitung von 400 lbs/mile so nachbilden, daß auch Versuche mit Belastungsspulen ausführbar bleiben. Die Leitungszweige sind zu Toroiden auf Holzkernen, 36 $\Omega$, 0,0296 H aufgewickelt; von der Mitte jedes Zweiges geht die Zuleitung zu einem Kondensator von 0,08 $\mu$F, dem ein die Ableitung darstellender veränderlicher Widerstand bis zu 125000 $\Omega$ parallel liegt. Jede der 26 Abteilungen stellt 8 engl. Meilen Leitung dar. Durch Zusatzwiderstände kann eine Leitung des halben Kupfergewichts nachgeahmt werden. — Kennelly[2]) bringt die Formel für den gesamten Scheinwiderstand eines Kreises mit Apparaten an beiden Enden, für das empfangende Ende berechnet, auf eine zur Ausrechnung mittels Tafeln hyperbolischer Funktionen geeignete Form. Wenn das komplexe Winkelmaß der Leitung mit $\vartheta$, ihre Charakteristik mit $\mathfrak{Z}$ bezeichnet wird; wenn ferner durch die Scheinwiderstände $\mathfrak{R}_a$ und $\mathfrak{R}_e$ der Apparate die komplexen Winkel $\vartheta'$ und $\vartheta''$ mittels der Gleichungen gegeben werden $\mathfrak{Tg}\,\vartheta' = \frac{\mathfrak{R}_a}{\mathfrak{Z}}$, $\mathfrak{Tg}\,\vartheta'' = \frac{\mathfrak{R}_e}{\mathfrak{Z}}$, so ist das Verhältnis der EMK zum Strom im Empfänger gegeben durch

$$\mathfrak{Z}_e = \mathfrak{Z}\,\frac{\mathfrak{Sin}\,(\vartheta + \vartheta' + \vartheta'')}{\mathfrak{Cos}\,\vartheta' \cdot \mathfrak{Cos}\,\vartheta''}.$$

— Breisig[3]) bespricht im Hinblick auf einheitliche Reglung die Fragen der Charakteristik und des Spulenabstandes bei Pupinleitungen. Mit Bezug auf die erste erörtert er die Vorteile, welche sich ergeben, wenn man jedes Leitungsstück, das eine selbständige Bedeutung beim Zusammenschalten mit mehreren hat, für sich symmetrisch baut, und empfiehlt, zur Vermeidung von Reflexionsverlusten die Charakteristik etwa zwischen 1400 und 1800 $\Omega$ zu wählen. Mit Bezug auf den Spulenabstand wird auf die Bedeutung der Verzerrung durch die mit der Frequenz veränderliche Ableitung und den wirksamen Widerstand der Spulen hingewiesen. — Ein Aufsatz im Electrician[4]) über Kombinationsleitungen erörtert zuerst die allgemeinen Schaltungen und bespricht dann die Spulen. In England werden Ringspulen mit vier selbständigen Wicklungen verwandt, die nach Bedarf geschaltet werden. Sie werden nach angegebenen Schaltungen auf Gleichheit der Kapazitäten (zulässig höchstens $10^{-6}\,\mu$F Unterschied), des wirksamen Widerstandes (0,2%), der Induktivität (0,002%) und auf Wirkungsgrad geprüft (55% für $\omega = 100$ und 80% für $\omega = 5000$). Die Spulen dienen sowohl für Sprech- als Rufstromübertragung. Danach werden die zur Ausgleichung der Leitungszweige dienenden Verfahren für Freileitungen, Land- und Seekabel eingehend besprochen.

**Fernleitungen zu Wasser und zu Lande.** An Fernsprechkabeln Krarupscher Form mit Guttaperchaisolierung, die in der Nähe von Vancouver ausgelegt sind, wurden starke Reflexionsverluste beobachtet, wenn sie mit Freileitungen verbunden waren, und zwar für die Stammleitungen entsprechend einem Zuwachs der Dämpfungszahl bis zu 0,65, bei der Viererleitung bis zu 1,0. Crim[5]) hat Versuche mit Übertragern verschiedenen Übersetzungsverhältnisses angestellt, deren Ergebnisse in Kurven dargestellt sind. Durch Einschaltung hiernach ausgewählter Übertrager wurden die Kabel sprechfähig gemacht. — Petritsch[6]) hat für die österreichische Verwaltung die Eigenschaften von Fernsprechkabeln

verschiedener Art untersucht, und zwar durch Messung der Scheinwiderstände mittels der Frankeschen Maschine. Die Untersuchung von gewöhnlichen Teilnehmerkabeln (0,8 mm) und solcher für den Nahbezirk (0,6 mm) führte zu der Überzeugung, daß für die Einführung der Fernleitungen und die Verbindung der Ämter untereinander leistungsfähige Kabel zu schaffen sind, wenn anders nicht der Hauptteil der Dämpfung in die Ortsleitungen fallen soll. Die an einem Probekabel mit verschiedenartigen, auch pupinisierten Leitungen durchgeführten Messungen führten auf ein Kabel aus 2 mm starken Leitern, die mit 0,3 mm starkem Eisendraht dicht besponnen sind. Für 1 km ist $\beta = 0{,}0134$, $Z = 432\ \Omega$. — Zwischen London und Birmingham ist ein Fernsprechkabel[7]) mit zu Vierern verseilten Paaren verlegt worden, das zwei Paare mit 3,48 mm starken Drähten, 14 mit 2,84, 12 mit 2,46 und 24 mit 2,01 mm starken Drähten enthält. Alle Paare sind pupinisiert (Spulenabstand 4 km), ferner 12 der 2,01 mm starken und 12 der 2,46 mm starken mit Viererspulen versehen. Aus Messungen und Sprechversuchen ergeben sich die Dämpfungskonstanten für 1 km von bezüglich 0,00251; 0,00415; 0,00553, 0,00671 für die Stammleitungen; die der Viererleitungen sind etwa 15% geringer als die der Stammleitungen. Das Übersprechen ist nirgends stärker als bei einer Dämpfungszahl 8,5, das Mitsprechen bleibt über der Grenze 7,0. — Die Teilstrecke der Linie New York—San Francisco im Staate Nevada[8]) folgt zwar im allgemeinen dem Lauf der Bahnen, ist aber überall zwischen 90 und 300 m von anderen Leitungen entfernt. Beim Setzen der 13900 Stangen für die 640 km lange Strecke wurde eine Erdbohrmaschine verwendet, die ein Loch in 1½ Minuten aushob. Die Linie trägt 4 Kupferdrähte von 3,26 mm Durchmesser; für die Stammleitungen sind gegen 6000, für die Viererleitungen gegen 1500 Kreuzungen, dazu 82 Pupinspulen eingebaut. Der Bau der Linie erforderte rund 5 Monate.

**Störungen durch Starkströme.** Brauns[9]) bespricht nach Messungen, die an drei deutschen Wechselstrom-Bahnlinien, insbesondere der Strecke Dessau—Bitterfeld ausgeführt wurden, deren Einwirkungen auf benachbarte Schwachstromleitungen, und zwar nach der Wirkung durch Influenz, Induktion und Stromübergang. Mit Bezug auf die Influenz wird die Theorie der Ersatzleiter für störende und gestörte Systeme mit Mehrfachleitungen durch Messungsbeispiele erläutert, sowie die nützliche Wirkung eines neben den störenden Leitungen geführten, mit entgegengesetzter Spannung geladenen Gegenspannungsdrahts nachgewiesen. Die Induktion hängt bekanntlich überwiegend von der Lage der Rückströme beider Leitungsarten in der Erde ab; in dieser Beziehung wird sowohl die Theorie bei homogener Erdleitung erörtert, als auch die Bedeutung der Unregelmäßigkeiten. Für die Bahn Dessau-Bitterfeld werden die Ergebnisse der Messungen, die sich mit der dargelegten Theorie gut decken, in Kurven gegeben. Auf Grund der Annahme, daß die Induktionswirkungen aufhörten, wenn keine Stromteile in die Erde überträten, hat man auf einer 21 km langen Strecke 4 Saugtransformatoren aufgestellt, welche den Rückstrom aufsaugen sollten. Es ergab sich, daß deren Wirkung auf die Induktion in einer Telegraphenleitung stark schwankt. Befindet sich das Fahrzeug an der Erdungsstelle der Saugdrähte, so geht die Wirkung auf $^1/_{20}$ zurück, dagegen nur auf rund $^1/_5$, wenn es in der Mitte zwischen zwei Erdungsstellen war. Für die Stromübergänge aus dem Erdreich ist natürlich die gegenseitige Lage der Erdplatten maßgebend. Die bisher besprochenen Messungen ermittelten Strom und Spannung in der gestörten Leitung unter bestimmten Bedingungen der Lage und des Abstandes. An sie schlossen sich Betriebsversuche an Telegraphensystemen, um festzustellen, welche Fremdströme noch zulässig sind, um bei einer gegebenen Telegraphierspannung noch ohne Störung arbeiten zu können. Die Versuche wurden auf Klopfer, Wheastone, Hughes und besonders den Siemensschen Schnelltelegraphen, teils in Einfach-, hauptsächlich in Gegensprechschaltung ausgedehnt. Oszillographische Aufnahmen zeigen die miteinander zusammentretenden Ströme einzeln und im Zusammenwirken. Die Ergebnisse werden in Kurven mitgeteilt, die für gegebene Spannung ($\pm$ 100 V für Kabel, $\pm$ 160 V

für Freileitungen) gegebene Geschwindigkeit, Leitungslänge und Betriebsart die zulässige Induktionswechselspannung ergeben. Z. B. verträgt eine 500 km lange Bronzeleitung bei Gegensprechbetrieb mit dem Siemensschen Telegraphen bei 600 Umdr/min 17 V eff. Induktionsspannung. — Schröter[10]) gibt eine Luftleersicherung an, die schon bei 130 V anspricht. Sie enthält in einem zylindrischen Glasrohr einen Al-Stift als Anode, der mit der Spitze bis auf einige mm an die aus geschmolzenem Kalium, Natrium oder eine Alkalilegierung bestehende Kathode reicht. Das Rohr ist mit Helium, Argon oder Neon gefüllt und bis auf 1 bis 3 mm Druck leer gemacht. Geeignete Schaltungen werden beschrieben.

[1]) G. M. H. Shepherd, Electr. (Ldn.) Bd 74, S 247. — [2]) A. E. Kennelly, El. World Bd 66 S 182. — [3]) F. Breisig, ETZ 1915, S 297. — [4]) Electr. (Ldn.) Bd 76, S 99, 117. — [5]) L. P. Crim, Electr. (Ldn.) Bd 73, S 832. — [6]) E. F. Petritsch, El. Masch.-Bau 1915. S 337, 351, 445. 461. — [7]) Electr. (Ldn.) Bd 75, S 856; Bd 76, S 128. — Engineering Bd 100, S 266. — [8]) D. P. Fullerton, ETZ 1915, S 332. — [9]) O. Brauns, ETZ 1919, S 213, 230, 256. — [10]) F. Schröter, ETZ 1915, S 77.

---

## Fernsprechbetrieb.

Von Telegrapheningenieur K. Höpfner.

**Entwicklung der Fernsprechnetze.** H. A. Smith[1]) berichtet über den Entwurf von Netzplänen für Fernsprechnetze. Ein solcher Netzplan soll Aufschluß geben über die Entwicklung des Netzes, die wirtschaftlich günstigste Lage des Amts, über später einzurichtende Ämter, die Zunahme alter Ämter, die Änderung der Grenzen eines Netzes u. a. m.

**Amtseinrichtungen, Handämter.** In der Elektroteknisk Tidskrift wird eine Schaltung für kleinere Fernsprechämter nach Ericsson beschrieben[2]), in der die bekannte Grundschaltung der Firma Ericsson & Co. beibehalten, das Trennrelais aber durch Klinkenunterbrechung ersetzt ist, in der ferner Schlußzeichenrelais vermieden und die Schlußzeichenlampen statt dessen über die *c*-Adern an Spannung gelegt werden. — Kuhn[3]) beschreibt die in der Reichs-Telegraphenverwaltung neuerdings üblichen Formen der Vielfachumschalter *ZB* und ihre verschiedenen Bestandteile, ferner die Einrichtung der Haupt- und Zwischenverteiler, der Relais-, Zähler- und Sicherungsgestelle sowie der Aufsichtstische und Auskunftsstelle. In seinen Ausführungen weist Kuhn auf die Verbesserungen und Vereinheitlichung der Apparate und Apparatteile hin. — W. L. Preece[4]) berichtet über die technische Einrichtung von Fernsprechämtern und über den Leitungsbau in den Tropen und hebt dabei die Störungen hervor, die von Insekten, von der Pflanzenwelt, der Feuchtigkeit und von hoher Temperatur in den Tropen herrühren. — K. Dohmen[5]) beschreibt die technische Einrichtung der Betriebsleitungsstelle beim Fernsprechamt in Hamburg, wo mit Hilfe von Stromschreibern und auf bestimmte Schaltvorgänge im Fernsprechamt geeichten Strommessern der gesamte Betrieb überwacht wird. Von hier aus kann auch durch Ein- und Ausschalten von Arbeitsplätzen des B- wie auch des C-Amts die Zahl der arbeitenden Beamtinnen dem Verkehrsbedürfnis in jedem Augenblick angepaßt werden.

**Selbsttätige Einrichtungen.** G. H. Green[6]) beschreibt die selbsttätige und halbselbsttätige Vermittelungseinrichtung der Western El. Co., deren wesentliche Merkmale bereits im JB 1914, S 166 u. 167 dargelegt sind. — Kruckow[7]) berichtet über die Wirtschaftlichkeit kleiner selbsttätiger Land-Fernsprechanlagen und beschreibt die technische Einrichtung einer solchen Anstalt. An der Hand von Verkehrszahlen aus dem Betriebe weist Kruckow nach, daß der Wählerbetrieb bei solchen in sich geschlossenen Landnetzen dem Zweiganschlußbetrieb gegenüber technische Vorteile bietet und wirtschaftlich gerechtfertigt ist. Im

Bereich der Reichs-Telegraphenverwaltung sind bisher 22 Landnetze mit Selbstanschlußeinrichtungen ausgestattet worden. Auch auf kleine Netzeinheiten, deren Verkehrsschwerpunkt nicht innerhalb des Netzes, sondern in einem benachbarten Hauptamt liegt, läßt sich der Selbstanschlußbetrieb mit Vorteil anwenden. Für ein Fernsprechnetz dieser Art, in einem Vorort von Leipzig, sind die Verkehrskurven einiger Tage beigefügt. Die Spitzen dieser Kurven lassen erkennen, daß der Zweiganschlußbetrieb auch in solchen Fällen nicht immer anwendbar ist. Die Untersuchungen, ob und in welchen Fällen der Zweiganschlußbetrieb bei Vororten technische oder wirtschaftliche Vorteile bieten kann, sind jedoch noch nicht als abgeschlossen zu betrachten. — Kruckow[8]) berichtet ferner über Einrichtungen, die bei dem halbselbsttätigen Vermittelungsamt in Dresden getroffen worden sind, um die Tätigkeit der Abfragebeamtinnen zu überwachen. Mit Hilfe dieser Einrichtungen können nicht nur die pünktliche Beantwortung der Anrufe und der dienstliche Sprechverkehr zwischen Beamtin und Teilnehmer, sondern auch die richtige Einstellung der Tasten am Zahlengebersatz überwacht werden, die am Überwachungsplatz selbstttätig wiederholt wird. Mit Hilfe einer Sekundenuhr kann am Überwachungsplatz ferner das Leistungsmaß einer Beamtin, d. i. das Verhältnis zwischen Ruhe- und Arbeitszeit, ermittelt werden. Auch für statistische Zwecke kann die Überwachungseinrichtung nutzbar gemacht werden. Geplant sind ferner Einrichtungen, die selbsttätig anzeigen, ob die vom Zahlengeber entsandten Stromstöße auch wirklich der Tasteneinstellung am Zahlengeber entsprechen. — Scheibe[9]) berichtet über die Verwendung selbsttätiger Vermittelungseinrichtungen in Privat-Fernsprechanlagen, insbesondere über einige neue Gesichtspunkte in bezug auf die Einrichtung solcher Zentralen und über Verkehrsmöglichkeiten, die beim Entwurf solcher Anlagen von Anfang an berücksichtigt werden sollten. Nach Scheibe hat es den Anschein, als ob die neuen halbselbsttätigen Nebenstellenanlagen berufen sind, als Gesellschaftszentralen in großen Geschäftshäusern mit zahlreichen Kleinkontormietern in Zukunft eine Rolle zu spielen.

**Fernverkehr.** Baumgartner[10]) berichtet über die Entwicklung des Doppelsprechbetriebs in Fernleitungen in Bayern. Insbesondere beschreibt er den Werdegang der Zusatzapparate für den Doppelsprechbetrieb (Abzweigspulen, Ringübertrager) und erörtert den Einfluß der Ringübertrager auf die Sprech- und Weckverständigung. Im einzelnen berichtet Baumgartner auch über Messungen an den zum Doppelsprechen benutzten Pupinfreileitungen München—Berlin. Ferner geht Baumgartner näher ein auf die in Bayern übliche Anordnung der Leitungen am Gestänge und den dort gebräuchlichen Kreuzungsplan der Fernleitungen. — Williamson[11]) betont, daß der Audion-Verstärker nach de Forest ganz erheblichen Anteil hat an dem Gelingen der großen Sprechverbindung New-York-San-Francisco. Es sollen 3 Verstärker in die Leitungen eingeschaltet sein, einer davon in Denver. Am Ende sollen außerdem Verstärker eingeschaltet sein, die an 150 Fernhörer gleichzeitig Strom abgeben, und zwar so, daß die Wiedergabe der Sprache lauter ist als im gewöhnlichen Stadtverkehr. An anderer Stelle[12]) findet man Einzelheiten über die transkontinentale Fernsprechverbindung (vgl. auch JB 1914, S 168). — Robinson und Chamney[13]) berichten über Versuche, die in England mit Fernsprechverstärkern in Fernleitungen angestellt worden sind. Auch dort hat man die auf Differentialwirkung beruhende Wechselschaltung wie in Deutschland verwendet. Durch beiderseitige Anschaltung von Ringübertragern mit einem Übersetzungsverhältnis von 2:1 hat man besseres Gleichgewicht erzielt. Man sucht das Gleichgewicht außerdem mit einem Schleifdraht herzustellen. Ferner sind Versuche mit Rufübertragung und mit selbsttätiger Ausschaltung des Verstärkers beim Einsetzen des Eigentönens angestellt worden. — Van Kesteren[14]) geht bei einer von ihm erdachten Wechselschaltung für Verstärker von dem Grundgedanken aus, daß das beim Koppeln der Primär- und Sekundärwicklung eines Verstärkers hervorgerufene Pfeifen verschwindet, wenn die

Koppelung über eine Leitung erfolgt, deren Dämpfungszahl größer ist als die Verstärkungsziffer des Apparats. In seiner Schaltung verwendet er nun zwei Doppelleitungen, von denen er eine zum Sprechen von Amt A nach B, die andere zum Sprechen von B nach A benutzt. In jede der beiden Leitungen schaltet er Verstärker der Sprechrichtung nach ein. Beide Leitungen werden vor den Endstellen oder bei Unterwegsstellen zu einem geschlossenen Kreis zusammengeschaltet. Die Teilnehmerleitungen oder die weitergehenden Fernleitungen werden an diesen Leitungskreis in Brücke oder durch Übertrager angeschaltet. Sofern die Summe der Verstärkungsziffern der eingeschalteten Verstärker kleiner als die Summe der Dämpfungszahlen der zu einem geschlossenen Kreis verbundenen Fernleitungen ist, beeinflussen sich die Verstärker gegenseitig nicht und arbeiten unabhängig voneinander. Den bekannten Ausgleichsschaltungen gegenüber zeichnet sich diese Schaltung dadurch aus, daß die Bauart der Leitungen keinen Einfluß auf die Verstärker ausübt. Ihr Mangel ist dagegen der große Bedarf an Leitungsmaterial. — Willows[15]) sucht die Wirkungsweise der Schwingungsröhren und Gasrelais zu erklären.

**Apparattechnik.** In der „Telegr. u. Fernspr.-Technik" werden die in der Reichs-Telegraphenverwaltung gebräuchlichen Rufstrom- und Signalmaschinen für Fernsprechämter mit Handbetrieb beschrieben[16]). — Schnuchel[17]) berichtet über die Verwendung von Trockenelementen als Querzellen zur Beseitigung des Mitsprechens von Mikrophonstromkreisen, die aus einer gemeinsamen Batterie gespeist werden. — de Lange[18]) berichtet über Versuche, die er mit Hitzdrahtfernhörern angestellt hat. Ein solcher Apparat besteht im wesentlichen aus einem 0,002 mm starken Platindraht, der ∩-förmig in einem engen zylinderförmigen Raum ausgespannt ist. Der Erfinder nimmt an, daß die mit den Sprechströmen gleichsinnig erfolgende Erwärmung des Hitzorgans die umgebende Luft entsprechend erwärmt oder abkühlt. Dieser Vorgang mache sich in dem engen Raum als Ton bemerkbar. — Die in Berlin-Steglitz ansässige Firma Elektrotechnische Spezialkonstruktionen G. m. b. H.[19]) bringt eine neue Form des Hitzorgans für thermische Telephone, bei der die Hitzleiter radial in einem vorbereiteten Umguß liegen. — A. L. Clark[20]) berichtet über Versuche, die er an Mikrophonen angestellt hat, um zu ermitteln, wie der Widerstand eines Mikrophons sich ändert. Clark hat gefunden, daß der Widerstand des Mikrophons unmittelbar nach dem Einschalten der Stromquelle stark anwächst und dann allmählich abnimmt. Die Zu- und Abnahme sollen von der Stromdichte abhängen und bei starken Strömen größer sein als bei schwachen. — Shepherd[21]) beschreibt eine künstliche Fernsprechleitung, die aus einzelnen Selbstinduktionsspulen von 0,0148 H und 18 $\Omega$ sowie aus Kondensatoren von 0,04 $\mu$F und Brückenwiderständen von 250000 $\Omega$ bestehen. — Schröter[22]) berichtet über die Versorgung von Schwachstromapparaten aus Starkstromnetzen mittels neuartiger, von ihm angegebener Spannungsventile, d. s. Vakuumröhren mit Edelgasfüllung und Alkalimetallelektroden.

Darling[23]) berichtet über die Verwendung des Fernsprechers im Kriege; er beschreibt den Feldfernsprecher, der außer mit einem Ortsbatteriemikrophon auch mit einem Summer versehen ist, mit dem bei schlechter Sprechverständigung Morsezeichen entsandt werden können. Induktionsspule und Unterbrecher des Summers sind zu einem Apparat vereinigt. Um die Verbindung zweier Sprechstellen auch bei Beschädigungen der Leitung durch Granatsplitter noch recht lange aufrechtzuerhalten, werden mehrere Leitungen verlegt und netzartig untereinander verbunden.

**Umfang des Fernsprechverkehrs.** Gunston[24]) bringt statistisches Material über den Umfang des Sprechverkehrs der Welt. In Europa steht Deutschland mit 1300000 Sprechstellen (am 1. I. 1913) an der Spitze. Auf je 49 Personen entfällt hier eine Sprechstelle. In der Sprechstellendichte wird es nur noch von Dänemark, Schweden, Norwegen und der Schweiz übertroffen. In Amerika verfügen die American Telephone and Telegraph Co. (Bell-System) und die mit Bell zusammenhängenden Gesellschaften über 8729000 Sprechstellen.

Auf je 10,5 Einwohner entfällt eine Sprechstelle. Berlin steht mit 195699 Sprechstellen an vierter Stelle hinter New York 481000, Chicago 330000 und London 224320 Sprechstellen.

Wittiber[25]) berichtet auf Grund einer Denkschrift des Bureau of the Census des Department of Commerce in Washington über das Telegraphen- und Fernsprechwesen in den Vereinigten Staaten von Amerika von 1907 bis 1912. Das Archiv für Post und Telegraphie bringt ferner Auszüge aus dem Jahresbericht der American Telephone and Telegraph Company für 1914[26]) und aus dem Geschäftsbericht der schwedischen Fernsprech- und Telegraphenverwaltung für das Jahr 1913[27]).

[1]) H. A. Smith, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 14. — [2]) ETZ 1915, S 598. — [3]) Kuhn, Telegr. u. Fernspr.-Techn. Jg 4, S 13. — [4]) W. L. Preece, Electr. (Ldn.) Bd 74, S 842, 898. — [5]) K. Dohmen, Telegr.- u. Fernspr.-Techn. Jg 3, S 245. — [6]) G. H. Green, Electr. (Ldn.) Bd 74, S 390, 420, 453, 494. — [7]) A. Kruckow, ETZ 1915, S 340, 368. — [8]) A. Kruckow, Telegr.- u. Fernspr.-Techn. Jg 3, S 216. — [9]) K. Scheibe, ETZ 1915, S 39. — [10]) G. Baumgartner, Telegr.- u. Fernspr.-Techn. Jg 4, S 45. — [11]) Williamson, El. World Bd 65, S 900. — [12]) El. World Bd 65, S 279. — [13]) Robinson u. Chamney, Telephone Engineer Bd 13, S 31. — [14]) Van Kesteren, ETZ 1915, S 541. — [15]) R. S. Willows, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 742. — [16]) Telegr.- u. Fernspr.-Techn. Jg 4, S 93. — [17]) Schnuchel, Telegr.- u. Fernspr.-Techn. Jg 3, S 232. — [18]) De Lange, Electr. (Ldn.) Bd 74, S 358; Telephone Engineer Bd 13, S 76. — [19]) Telegr.- u. Fernspr.-Techn. Jg 4, S 187. — [20]) A. L. Clark, El. World Bd 65, S 478. — Electr. (Ldn.) Bd 75, S 557. — [21]) G. M. B. Shepherd, Electr. (Ldn.) Bd 74, S 247. — [22]) F. Schröter, ETZ 1915, S 677, 689. — [23]) C. R. Darling, Engineering Bd 100, S 116. — El. World Bd 66, S 874. — ETZ 1915, S 555. — [24]) W. H. Gunston, Electr. (Ldn.) Bd 74, S 248. — [25]) Wittiber, Arch. Post Telegr. 1915, S 33. — [26]) Arch. Post Telegr. 1915, S 289. — [27]) Arch. Post Telegr. 1915, S 353.

---

# XII. Elektrisches Signalwesen, elektrische Meß- und Registrierapparate und Uhren.

Eisenbahnsignalwesen und Zugdienst. Von Oberingenieur Ludw. Kohlfürst, Kaplitz (Böhmen). — Schiffahrts-, Sicherheits- und Betriebssignale, Anzeige- und Meßapparate für nicht elektrische Größen. Von Geh. Oberpostrat Prof. Dr. K. Strecker, Berlin.

## Eisenbahn-Signalwesen und Zugdienst.

Von Oberingenieur Ludw. Kohlfürst.

**Eisenbahnsignale.** Wie vorauszusehen war, ist der Krieg nicht ohne Rückwirkung auf die Fortentwicklung der elektrischen Eisenbahnsignaleinrichtungen geblieben, insofern sich europäische Neuerungen spärlicher als sonst vorfinden, während Amerika eine um so lebhaftere Regsamkeit nachweist. Hier ist zunächst die in den letzten Jahren aufgetauchte Lichtsignalfrage[1]) weiter verfolgt worden, man hat insonderheit durch die fortgesetzten, günstig verlaufenden Versuche der Pennsylvaniabahn[2]) die Darstellung von Tagsignalen mittels grüner, gelber und roter elektrischer Lampen auch rücksichtlich der selbsttätigen Blocksignalanlagen dampfbetriebener Vollbahnen als brauchbar erkannt. Die drei Farben entsprechen den drei Flügelstellungen „fahren“, „Vorsicht“ und „halt“ der Mastsignale[3]), wie sie seit neuerer Zeit bereits von der Mehrzahl der amerikanischen Eisenbahnen und namentlich von den großen elektrischen Fern- und Schnellbahnen angenommen worden sind und sich stetig weiter verbreiten. Im Jahre 1915 erging sich die amerikanische Fachliteratur besonders eingehend über die verschiedenen Einrich-

tungsformen und neue Ausführungen von elektrischen Warnungssignalen für das Publikum oder für die Züge an Bahnüberwegen[4]) und Kreuzungen. Selbsttätige Überwegsignale werden, weil sehr eingehende Erhebungen nachweisen, daß sich mindestens 75% der das Bahngleis überschreitenden Personen[5]) um das mögliche Herannahen von Zügen nicht kümmern, auch für Straßenbahnen dringend empfohlen. Zu den neueren Anlagen letzterer Gattung zählen u. a. elektrische Flügelsignale[6]) an den Straßenbahnlinien in San Francisco. An einer wichtigen Straßenbahnkreuzung in Cleveland[7]) erfolgt die Regelung und Sicherung des Verkehrs mittels einer Lichtsignaleinrichtung, die ein Wärter von einer Schalterbude aus steuert. Er kann nur der einen oder andern Richtung freie Fahrt gestatten, wohl aber für beide Richtungen gleichzeitig Fahrverbot erteilen. Letzteres soll jedoch nur bei außergewöhnlichen Stockungen des Straßenverkehrs und bei Ausfahrten der Feuerwehr erfolgen; eben deshalb ist von einer selbsttätigen Anordnung abgesehen und ein eigener Signalwärter als Fahrdienstleiter aufgestellt worden. Sehr vollkommene einschlägige Anlagen, namentlich zum Schutze von Hochbahnkreuzungen, werden von den Werken der Chicagoer Railway Signal and Supply Co.[8]) ausgeführt. Für Straßenbahnen wird neuestens auch angestrebt, jene Übelstände auszumerzen, welche bisher dadurch möglich erscheinen, daß die auf der Außenseite der Triebwagen angebrachten Wegesignale[9]) mit Strecken- oder Fahrsignalen verwechselt werden. Die zur leichteren Regelung der Fahrzeiten auf einigen amerikanischen und englischen elektrischen Schnellbahnen eingeführten Kopfweganzeiger sind auf der Brookliner Rapid-Transit-Linie mit Registriervorrichtungen versehen, um nebenbei zur Überwachung der Fahrgeschwindigkeit zu dienen. Siemens & Halske erstellen elektrische Zugsankünder[10]), die auf einem Bahnsteig, im Hauptstellwerk oder an sonstigen Stellen der Bahnhöfe den Einlauf oder Abgang der Züge mit Hilfe blechener, 100 × 22 cm großer, entsprechend beschriebener Fallscheiben bekanntgeben. Letztere steuert der Fahrdienstleiter oder ein Stellvertreter mittels eines Gebers von einem beliebig entfernten Punkte aus; die ausgelösten Tafeln können in gleicher Weise wieder zurückgestellt werden. Gute Erfahrungen mit dem elektrischen Befehlstab[11]) als Ersatz der Stablaterne haben die preußischen Staatsbahnen veranlaßt, diese Einrichtung in größerem Maßstabe zu erproben. Der Stab besteht aus einem Vulkanfiberrohr mit einer aufgesetzten weißen, grünumrandeten Scheibe, in deren Mittelpunkt eine Glühlampe mit grüner Abdeckplatte sitzt. Den Leuchtstrom liefert eine im Schaftrohr untergebrachte Trockenbatterie, die sich mittels eines Drucktasters einschalten läßt. Bei einer zweiten Form kann nicht nur grünes, sondern nach Bedarf auch rotes Licht gegeben werden.

**Verkehr mit dem fahrenden Zug.** Neun Lokomotiven der Maryland and Pennsylvania-Eisenbahn sind mit der Jonesschen Fahrsperre[12]) ausgerüstet worden, welche aus zwei am Führerstand angebrachte Signalvorrichtungen besteht, von denen die eine für „Vorsicht", die andere für „Halt" anspricht. Die Betätigung erfolgt durch zweierlei ins Gleis eingebaute, mit dem Streckensignal und einer besonderen Ortsbatterie verbundene Kontaktschienen, welche beim Befahren durch den Zug von je einem Gleitschuh berührt werden. Je nachdem der Schalter am Streckensignal gemäß der Lage des Signalflügels die Batterie zu der einen oder zur anderen Kontaktschiene anschließt, wird auf dem Führerstand das Vorsichtsignal oder das Haltsignal, letzteres gleichzeitig mit der Zugbremse, ausgelöst. Im allgemeinen macht sich auf den amerikanischen Bahnen rücksichtlich der Einführung und Verbreitung von Fahrsperren (Fernbremsen) ein reges Fortschreiten bemerkbar. Eine aus Amerika stammende, zunächst für elektrische Schnellbahnen bestimmte Fahrsperre wurde von der Gesellschaft für elektrische Hoch- und Untergrundbahnen[13]) angenommen und einer weiteren Ausbildung zugeführt, welche alles, was man von diesen Sicherungen gegen das Überfahren von Haltsignalen verlangt, berücksichtigt.

**Blockeinrichtungen.** Die Siemens & Halske A.-G.[14]) erstellt neuestens Anordnungen, durch welche in handbedienten Blocksignalanlagen ein vorzeitiges

Haltfallen des Blocksignalflügels während der Vorbeifahrt der Züge unmöglich gemacht wird, desgleichen eine Schaltweise für Gleichstromkreise selbsttätiger Blocksignalanlagen[15]), um dieselben gegen fremde Gleichströme zu schützen, indem man als Linienstrom Wechselströme benützt, die mittels galvanischer Elemente unter Beihilfe eines Kontaktpendels und eines Transformators beschafft werden. Laut amtlichem Bericht der preußisch-hessischen Eisenbahnverwaltungen[16]) waren daselbst vor Beginn 1915 auf 17300 km mehrgleisigen und 3300 km eingleisigen Strecken elektrische Blocksignalanlagen vorhanden oder in Ausführung und sind für derlei elektrische Sicherungen von 1895 bis 1915 zusammen 40600000 M verausgabt worden. Die auf den elektrischen Kölner Vortortebahnen[17]) benützten selbsttätigen Blocksignaleinrichtungen haben jüngst wieder Verbesserungen erfahren. Sehr lebhaft entwickeln sich die selbsttätigen Blocksignale in Amerika, wie beispielsweise die jüngsten Einrichtungen der Illinois Traction Co.[18]) oder der New-Brooklyner-Hochbahn[19]) erkennen lassen. Als besonders eigenartig darf die mit den neuesten Mustern der Union Switch and Signal Co. eingerichtete, 45 km lange Linie Bluefeld-West-Vivian der Norfolk- und Western-Bahn[20]) gelten, wo die durchlaufenden Personen- und Güterzüge der Hauptlinie mit Dampflokomotiven, die vollen wie leeren Kohlenzüge hingegen elektrisch gefördert werden. Überdem teilt sich zwischen Bluestone und Ruth das Doppelgleis in zwei eingleisige Strecken, die allerdings für gewöhnlich im Sinne der Doppelbahn befahren werden, unter Umständen aber auch jederzeit für den gesamten Verkehr nach beiden Fahrrichtungen benutzbar sein sollen, weshalb auch die Blocksignalausrüstung dieser Füglichkeit angepaßt worden ist. Neuen Zuwachs und mancherlei Ausgestaltungen haben auch die gleichfalls aus Amerika überkommenen selbsttätigen Blocksignalanlagen der Londoner Zentral-Eisenbahnen[21]) erfahren. Abweichend von allen den letztangeführten, durchwegs nur für Doppelbahnen vorgesehenen Anordnungen ist ein von G. H. Dryder[22]) herrührendes Blocksignal für eingleisige Strecken sowie eine elektrische Zugstabeinrichtung[23]), mit der die Canadian Pacific-Eisenbahn ihre Linien versehen hat. Sehr eifrig studieren die amerikanischen Bahnen die Frage der Blocksignalunterhaltung, die entweder für bestimmte Linien[24]) dargelegt oder im allgemeinen verglichen[25]) wird, wobei ausnahmslos der hohe Wert einer wohlorganisierten Beaufsichtigung und Pflege der Signale für die Verkehrsleistungen der Bahnen auffällig zutage tritt. T. W. Green[26]) versucht es auch, die Kosten des Anhaltens und Anfahrens bzw. die Kosten des Stehenbleibens der Züge vor den haltzeigenden Blocksignalen ziffermäßig festzustellen.

**Weichenstellwerke.** Neuartige Weichenantriebe für elektrische Kraftstellwerke erzeugen Hasler, A.-G. in Bern[27]), und S & H[28]); desgleichen werden Anordnungen, welche auf elektrischen Eisenbahnen das Umstellen von Weichen vom Triebwagen aus ermöglichen, von Weenen[29]) angegeben, sowie von den SSW[30]), von der Maschinenfabrik Oerlikon[31]) u. a. m. in neuerer Schaltung ausgeführt. Wertvolle Darlegungen über die Prüfung von Stellwerken machen W. F. Price und D. K. Crawford[32]) bekannt und die Ausbreitung der elektrischen Kraftstellwerke in Amerika wird beispielsweise durch die Neuanlagen der Pacific-Electric-Railway oder jene der Norfolk und Western-Eisenbahn[33]) gekennzeichnet. Der bisher sich ziemlich schwierig zeigenden Aufgabe der elektrischen Weichenbeleuchtung ist die Kgl. Eisenbahndirektion Berlin[34]) mit Erfolg nahegetreten. Die Schalter, mit welchen immer mehrere der mit je einer zehnkerzigen Metalldrahtlampe ausgestatteten Weichen gleichzeitig Lichtstrom erhalten können, befinden sich in der zugehörigen Stellerei, und der Weichensteller hat es in seiner Hand, die Lampen nach Bedarf aufzuzünden.

**Zugabfertigung durch Fernsprecher.** Auf der Strecke Idaweiche-Tischau haben Mix & Genest eine lediglich dem Eisenbahn- bzw. Fahrdienst gewidmete Fernsprechanlage[35]) ausgeführt, in welcher zum Wahlanruf besondere

Zeigerscheiben verwendet sind. Stete Verbreitung gewinnt in England sowie in Amerika der Fernsprecher für die Zugabfertigung durch die sich ausbreitenden verschiedenen Dispatchereinrichtungen, z. B. der der General-Railway-Signal-Co.[36]), welche von jeder Haltestelle und von jedem der auf offener Strecke in Abständen verteilten Punkte aus, wo dritte Schienen zur Vermittlung des Fernsprechanschlusses eingebaut sind, den Empfang der Befehle des Dispatchers zulassen oder Gespräche mit demselben ermöglichen. Einen solchen Fernsprechverkehr ohne Beschränkung auf bestimmte Empfangsstellen und ohne Leitungsanschlüsse durchzuführen, wird von J. L. Hogan[37]) auf der Bahnlinie New York-Buffalo, wo zu diesem Zwecke die Versuchszüge mit Hochfrequenzmaschinen der Radio Telephone & Telegraph Co. in De Forestscher Schaltung ausgestattet sind, versucht.

[1]) El. Kraftbetr. 1915, S 66. — [2]) ETZ 1915, S 192. — Rlwy. Age Gaz. Bd 58, S 61. — [3]) Report of the Joint Committee on Block-Signals for electric Railways; Published in advance by the Association, 1915, Nr. 306—507. — [4]) L. Kohlfürst, El. Kraftbetr. 1915, S 205. — [5]) El. Kraftbetr. 1915, S 406. — [6]) El. Rlwy. Jl. Bd 45, S 671. — [7]) ETZ 1915, S 333. — [8]) El. Rlwy. Jl. Bd 45, S 174. — [9]) El. Rlwy. Jl. Bd 46, S 260. — [10]) E. Reuleaux, ETZ 1915, S 499. — [11]) Ztg. Ver. dtsch. Eisenb.-Verw. 1915, S 219. — ETZ 1915, S 165. — [12]) Sig. Engineer Bd 8, S 175. — [13]) Ges. f. el. Hoch- u. Untergrundbahnen, DRP 285466. — [14]) S&H, DRP 282004; El. Masch.-Bau 1915, S 372. — [15]) S&H, DRP 282101; El. Masch.-Bau 1915, S 372. — [16]) Preuß.-hess. Eisenb.-V., ETZ 1915, S 540. — [17]) Kayser, Z. Kleinbahn 1915, S 541. — [18]) J. Leisenring, El. Rlwy. Jl. Bd 45, S 408. — [19]) Sig. Engineer Bd 8, S 27. — [20]) El. Traction 1915, S 366. — El. Kraftbetr. 1915, S 408. — [21]) Sig. Engineer Bd 8, S 83. — [22]) G. H. Dryder, Sig. Engineer Bd 8, S 109. — [23]) E. S. Taylor, Railway Age Gaz. Bd 58, S 100. — [24]) El. Rlwy Jl. Bd 45, S 561. — El. Kraftbetr. 1915, S 128. — [25]) El. Rlwy. Jl. Bd 45, S 539. — [26]) T. W. Green, Sig. Engineer Bd 8, S 143. — [27]) Hasler A.-G., El. Masch.-Bau 1915, S 436. — [28]) S&H, ÖP 65400, El. Masch.-Bau 1915, S 384. — [29]) Weenen, DRP 261279; El. Masch.-Bau 1915, S 375. — [30]) SSW, ÖP 68192 El. Masch.-Bau 1915, S 384. — [31]) Maschinenfabrik Örlikon, El. Masch.-Bau 1915, S 434. — [32]) D. K. Crawford, Sig. Engineer Bd 8, S 111. — [33]) El. Kraftbetr. 1915, S 409. — [34]) ETZ 1915, S 303. — [35]) Mix & Genest, El. Masch.-Bau 1915, S 262. — [36]) Gen. Rlwy Signal Co., El. Rlwy. Jl. Bd 46, S 93. — [37]) J. L. Hogan, El. World Bd 66, S 562, 570.

---

## Schiffahrts-, Sicherheits- und Betriebssignale, Anzeige- und Meßapparate für nicht elektrische Größen.

Von Geh. Oberpostrat Prof. Dr. K. Strecker.

**Wasser- und Luftschiffahrt.** Obgleich man annehmen kann, daß gegenwärtig auf diesem Gebiete die regste Tätigkeit herrscht, findet man davon in der Literatur nur sehr wenig, aus naheliegenden Gründen. — F. M. Denton[1]) zeigt, daß der Kreiselkompaß in Verbindung mit dem Pendel nicht von dem Einfluß der Schiffsbewegung befreit werden kann. Der Fehler, der von der geographischen Breite bestimmt wird, läßt sich durch das Mittel beseitigen, das beim Anschützschen Kompaß verwandt wird, einseitige Beschwerung der Achse durch ein mit der Breite veränderliches Gewicht. Beim Seestern-Kompaß (E. K. Scott) wird die Kompaßachse um 180° gedreht, so daß sie labil ist und bei der leisesten Abweichung herumzuschlagen sucht und dabei Kontakte herstellt, wonach ein kleiner Motor die Achse in den Meridian zurückdreht; dieses Mittel hält Denton nicht für richtig. — Um das Koppeln der Schiffskurse, d. h. das Aneinandersetzen der Schiffswege verschiedener Richtung zu erleichtern, dient dort, wo der Anschützsche Kreiselkompaß benutzt wird, eine elektrische Registriervorrichtung, der Koppeltisch, welchen O. C. Roedder[2]) beschreibt. Die vom Forbesschen Logg, einer kleinen Turbine, aufgenommene Schiffgeschwindigkeit wird in eine NS- und eine OW-Komponente zerlegt und beide mittels

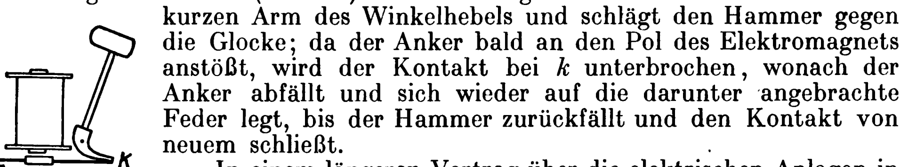
Planscheibe und verschiebbaren Reibrades an die Registriervorrichtung übertragen; die eine Komponente verschiebt die Schreibfeder, die andere das Registrierblatt. Auf letzterem wird der ganze Schiffsweg aufgezeichnet. Außerdem werden die beiden Komponenten nach Größe und Richtung je für sich mechanisch addiert, woraus man schließlich nochmals den Schiffsort erhält.

Hornor[3]) gibt in einem Aufsatz über elektrische Anlagen auf Schiffen, der die Einrichtungen amerikanischer Schiffe schildert, auch eine knappe Übersicht über die Signalanlagen. Personendampfer erhalten stets, Frachtdampfer selten Feueralarmanlagen, welche in der Regel nicht elektrisch sind. Eine elektrische Anlage für solche Zwecke mit Quecksilberkontakten und Arbeitsstromschaltung wird beschrieben. Die meisten Schiffe der Küstenschiffahrt erhalten Unterwasserschallsignale der bekannten Art. Für Personendampfer sind Einrichtungen für drahtlose Telegraphie vorgeschrieben; aber auch Frachtdampfer erhalten solche. Von Interesse dürften die Einrichtungen zur Bedienung und Überwachung der Kesselfeuerung sein. Auch ein Kreiselkompaß mit elektrischer Übertragung seiner Angaben wird beschrieben.

Damit der Fluggast den Führer des Flugzeugs über die Steuerung unterrichtet halten kann, will C. Bamberg[4]) einen einfachen Anzeigeapparat anbringen. Der Fluggast stellt über der vor ihm befindlichen Windrose mit einem Zeiger den gewählten Kurs ein; dieselbe Einstellung dreht das Gehäuse eines Kompasses um gleichviel im entgegengesetzten Sinne, und ein an der Kompaßrose angebrachter Arm legt sich an einen von zwei eng beieinander stehenden Kontakten; dieser Arm wird von den beiden Kontakten frei, wenn der Kurs des Fahrzeugs mit dem beabsichtigten übereinstimmt. An die beiden Kontakte ist ein vor den Augen des Führers stehender Zeigerapparat angeschlossen, welcher anzeigt, in welchem Sinne der augenblickliche Kurs von dem beabsichtigten abweicht.

**Signalanlagen.** Das Hydrawerk[5]) verwendet folgende Schaltung zur Speisung von Schwachstromanlagen aus dem Netz (Fritz Schröder). Der Schwachstrom wird von einer kleinen Sammlerbatterie geliefert, die während der Betriebspausen aus einer zweiten kleinen Batterie aufgeladen wird. Die zweite Batterie wird während der Zeit, in der die Schwachstromanlage arbeitet, von dieser mit Hilfe eines Relais, d. i. selbsttätig, zweipolig abgetrennt und auf das Netz geschaltet; sie entnimmt bei geeigneter Abgleichung des Vorschaltewiderstandes dem Netz stets etwas mehr Strom, als in derselben Zeit in der Anlage verbraucht wird, und lädt nachher die Betriebsbatterie wieder auf.

C. Turnbull[6]) beschreibt eine vor längerer Zeit von ihm entworfene, langsam schlagende Glocke (Abb 12). Beim Anzug wirkt die Ankerfeder auf den kurzen Arm des Winkelhebels und schlägt den Hammer gegen die Glocke; da der Anker bald an den Pol des Elektromagnets anstößt, wird der Kontakt bei $k$ unterbrochen, wonach der Anker abfällt und sich wieder auf die darunter angebrachte Feder legt, bis der Hammer zurückfällt und den Kontakt von neuem schließt.



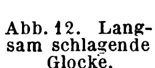



Abb. 12. Langsam schlagende Glocke.

In einem längeren Vortrag über die elektrischen Anlagen in dem Bergwerk der Powell Duffryn Steam Coal Company teilt C. P. Sparks[7]) Versuche mit, durch welche die Grenzwerte für Spannung und Strom in den Signalanlagen ermittelt werden sollten. Die Leitungen dieser Anlage bestehen aus blankem, verzinktem Eisendraht; da, wo man das Signal zu geben wünscht, drückt man die Drähte der Leitung, die beide auf Isolatoren geführt sind, mit den Fingern zusammen oder schließt sie mit einem Metallstück kurz. Die Versuche führten zum Verlassen dieses Verfahrens. Die Signale werden mit besonderen Schaltern gegeben, die in eine starke Metallhülle flammensicher eingeschlossen sind; ebenso ist die Unterbrechungsstelle an der Signalglocke eingeschlossen, und beide Unterbrechungsstellen sind durch induktionsfreie Widerstände überbrückt. Die Leitungen liegen zu beiden Seiten des Ganges. Die

Batterie besteht aus höchstens 10 Trockenelementen, die zu gleichen Teilen an beiden Enden der Linie stehen und in Holzkästen eingeschlossen sind. Bei Wechselstrombetrieb darf die Spannung nicht über 15 V betragen. — Evershed bemerkt, daß die Signalglocken nur geringe Gefahr bringen, die man durch Überbrücken der Funkenstellen völlig beseitigen könne. — Über die Versuche mit den Signalglocken und die Entzündung verschiedener Sumpfgasluftmischungen durch den Funken berichtet ausführlich R. V. Wheeler.[8])

Nach den neueren amerikanischen Vorschriften für elektrische Feuermelder sind verschiedene Apparatzusammenstellungen gebaut worden, so von der Autocall Co.[9]) in Shelby, Ohio (Ruhestrom, Gleichstrom 110 V), und von der Palmer El. & Mf. Co.[10]) in Boston (Ruhestrom, Wechselstrom, 110 V).

F. Wille[11]) beschreibt einige Anzeigevorrichtungen für Rohrposten. C. Henrich läßt die Büchsen beim Abgang und bei der Ankunft auf beiden Endstationen getrennte Zählwerke bewegen, so daß der Unterschied in deren Stellung die Zahl der unterwegs befindlichen Büchsen anzeigt, während ein Zählwerk die Summe der beförderten Büchsen ergibt. Bei gleicher Stellung der beiden Zählwerke wird ein Stromkreis unterbrochen, bei verschiedener geschlossen, welcher den Betriebsmotor der Anlage in Gang setzt. — Um bei den Kassenrohrposten der Warenhäuser rasche Bedienung zu sichern, lassen Lamson, Mix u. Genest die Büchsen auf elektrischen Kontakten anlangen, die parallel geschaltet sind; der Strom über 4 Kontakte reicht aus, eine Glocke in Tätigkeit zu setzen, die Hilfe herbeiruft. Ein Zeitkontakt bewirkt, daß auch eine einzelne Büchse nicht zu lange unbeachtet liegen bleiben kann. — Dieselbe Gesellschaft schaltet in die Rohrleitung zur Überwachung des Betriebszustandes ein Gehäuse ein, in dem sich eine um ihren einen Rand drehbare Scheibe befindet, die von einer äußeren Kraft (Spiralfeder) gegen den Luftstrom gedreht wird. Ruht der Betrieb, so geht die Scheibe in die eine Endstellung; hat der Luftstrom seine volle Stärke (keine Büchse in der Leitung), so nimmt die Scheibe die andere Endstellung, sind Büchsen zu befördern, eine mittlere Stellung ein. Die Stellungen können außen abgelesen werden.

**Elektrische Uhren.** K. Siegl[12]) läßt in Orten mit Wechselstromversorgung jede Uhr von einem kleinen Synchronmotor antreiben; die Stromerzeuger der Zentralstation müssen vom Maschinenwärter genau auf gleichbleibender Geschwindigkeit gehalten werden. Alsdann gehen alle Uhren richtig. Im Falle eines Fehlers in der Anlage können sie niemals falsch gehen, sondern nur stehen bleiben. Uhren dieser Art seien in Klagenfurt in Betrieb und haben sich bewährt.

Bei Zeitschaltwerken (Schaltuhren) konnten bisher die Schaltzeiten nur durch besonderen Eingriff geändert werden. Durch ein besonderes Differentialräderwerk und eine Kurvenscheibe („Jahreslichtkurve") ist es der H. Aron Elektrizitätszählerfabrik[13]) gelungen, die von regelmäßig verlaufenden Ereignissen, wie Sonnenauf- und -untergang vorgeschriebenen Änderungen von der Uhr selbst ausführen zu lassen. In das vom Uhrwerk täglich zwölfmal gedrehte Triebrad $c$ (Abb. 13)

Abb. 13. Zeitschaltwerk mit selbsttätiger Veränderung der Schaltzeiten.

greifen 2 lose, auf gemeinsamer Achse sitzende Zahnräder *a* und *b* ein, von denen *b* täglich um $^1/_{73}$ des Umfangs gegen *a* zurückbleibt. Mit *b* ist das Triebrad *e* verbunden, welches *d* mit einer Übersetzung von 1 : 5 antreibt, so daß *d* gegen *a* täglich um $^1/_{365}$, im Jahr um eine Umdrehung zurückbleibt. Auf der Achse von *d* sitzt die Kurvenscheibe *h*, die also im Jahr einmal gegen *a* gedreht wird; an ihrem Umfang gleitet der Stift *i* eines Zahnbogens, der durch ein Zahnrad den Arm *f* dreht. Am Ende von *f* sitzt der Stift *g*, der mit den auf *a* festgeschraubten Stiften Kontakt macht. Zu welchen Zeiten dies geschieht, hängt von der Gestalt der Kurvenscheibe ab. Der Knopf *k* und das Sperrad *l* dienen zur ersten Einstellung. Soll ein Schaltwerk, z. B. für Straßenbeleuchtung, abends nach Sonnenuntergang ein- und bei Sonnenaufgang ausschalten, so braucht es zwei Kurvenscheiben. Schoder, der diese Konstruktion beschreibt, führt noch zahlreiche Anwendungen auf Treppenbeleuchtung, Mehrfachtarifzähler u. a. auf.

Einen registrierenden Beschleunigungsmesser für beliebige Maschinen, den die Firma A. Gobiet & Co. in Rotenburg bei Kassel baut, beschreibt L. Werner.[14]) Mit der Achse, deren Beschleunigung überwacht werden soll, wird der Anker einer Gleichstrommaschine mit konstantem Feld verbunden. Der Ankerstrom wird unter Vorschaltung induktionsfreien Widerstandes durch eine von 3 Wicklungen eines Transformators geleitet. In dessen zweiter Wicklung entstehen demnach Ströme, die den Änderungen der Geschwindigkeit jener Achse proportional sind; sie werden durch einen Stromschieber aufgezeichnet. Die dritte Wicklung dient dazu, durch einen Hilfsstrom die dauernde Magnetisierung des Transformators so abzugleichen, daß die erwähnte Proportionalität gilt.

Bei mehreren zum Registrieren von Dampf- oder Gasmengen dienenden Vorrichtungen wird zum Summieren der beobachteten Werte (als Integrator) ein Elektrizitätszähler verwendet, so bei dem Apparat des Österreichischen Vereins für chemische und metallurgische Produktion[15]), dem Dampfmesser von Reineke[16]) und dem von Mattern.[17]) Bei letzterem wird, um die nötigen Verbesserungen der Angaben wegen Temperatur- und Druckänderungen anzubringen, dem Elektrizitätszähler ein Nebenschluß gegeben, dessen Größe durch Thermometer und Manometer mit elektrischen Kontakten verändert wird.

Ein Schlagwetterprüfer von E. Beckmann und K. Steglich[18]) verbrennt die zu prüfende Mischung in einem abgeschlossenen Raum, in dem eine Platinspirale elektrisch erhitzt wird; Wasser und Kohlensäure werden durch festes Ätzkali absorbiert und aus der Druckverminderung der Methangehalt erkannt. Starker Methangehalt ist sehr rasch zu erkennen. Ein Vorprüfer dient zum Erkennen der Explosionsfähigkeit; in einem abgeschlossenen Raum wird das Gemisch durch Zereisen gezündet und die Druckänderung an einem Manometer erkannt.

Um den Druck verdünnter Gase von etwa 0,5 bis $10^{-5}$ mm zu messen, verwendet Rohn[19]) eine Thermosäule unter gleichbleibender Bestrahlung; ihre Temperatur und also auch Thermokraft sind vom Gasdruck abhängig, von 0,1 bis 0,001 mm sehr stark, von $10^{-3}$ bis $10^{-5}$ mm noch etwa so stark wie bei dem Mac Leodschen Apparat.

Ein absolutes Manometer nach Knudsen, welches J. W. Woodrow[20]) gebaut hat, kann, während es mit der Pumpe verbunden ist, auf 200° erwärmt werden, ohne Gefahr des Zerspringens. Die Metallteile sind aufs nötigste beschränkt. Der niedrigste damit gemessene Druck betrug $5.10^{-8}$ mm Hg.

L. V. King[21]) schlägt zum Messen der Strömungsgeschwindigkeit von Gasen einen vom Strom erwärmten dünnen Draht vor; der Draht wird so stark erhitzt, daß die gewöhnlichen Schwankungen der Zimmertemperatur keinen Einfluß auf die Messungen haben. Der Apparat läßt sich für verschiedene physikalische und technische Aufgaben verwenden.

Ch. R. Darling[22]) gibt einen Überblick über den gegenwärtigen Stand der Pyrometrie.

S. L. Brown[23]) hat als Thermometerkörper Stäbe aus geschmolzenen Oxyden (Cu, Fe, Pb) verwandt. Das Oxyd wird als Pulver in ein Porzellanrohr gefüllt und im elektrischen Ofen geschmolzen. Sein Widerstand nimmt bei steigender Temperatur ab. Bleioxyd läßt sich gut von 100 bis 600° benutzen, Eisen- und Kupferoxyd von 0° bis etwa 400 und 500°.

Für kalorimetrische Messungen zieht White[24]) das Thermoelement dem Widerstandsthermometer vor. Man kann damit Temperaturen leicht auf $10^{-4}$ Grad genau messen; es sind aber zahlreiche Vorsichtsmaßregeln zu beobachten, die White ausführlich angibt.

J. Bethenod[25]) will eine Batterie und eine Anzahl Dynamomaschinen, deren EMKe den aufeinanderfolgenden Potenzen der Drehgeschwindigkeit proportional sind, auf ein Galvanometer wirken lassen und dessen Ausschlag auf Null bringen. Da dieser Ausschlag durch eine Gleichung *n*ten Grades darzustellen ist, hätte man die Möglichkeit, mit dieser Methode eine solche Gleichung zu lösen. Einstweilen ist aber nicht zu erkennen, wie man dies ausführen soll.

[1]) F. M. Denton, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 191. — [2]) O. C. Roedder, Helios Fach- u. Exportz. 1915, S 265. — [3]) H. A. Hornor, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 1515. — [4]) C. Bamberg, DRP 278174; Helios Fach- u. Exportz. 1915, S 113. — [5]) Hydrawerk (Fr. Schröder), ETZ 1915, S 127. — [6]) C. Turnbull, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 249. — [7]) C. P. Sparks, Electr. (Ldn.) Bd 74, S 704, 741, 821, 849. — [8]) R. V. Wheeler, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 132. — [9]) (Autocall Co.), El. World Bd 65, S 1005. — [10]) (Palmer El. & Mf. Co.), El. World Bd 66, S 1107. — [11]) F. Wille, Helios Exportz. 1915, S 66, 89. — [12]) K. Siegl, ÖP 67919; ETZ 1915, S 444. — [13]) E. Schoder, Helios Fachz. 1915, S 325. — [14]) L. Werner, Helios Fach- u. Exportz. 1915, S 85. — [15]) Österr. Ver. f. chem. u. metallurg. Produktion, Helios Fach- u. Exportz. 1915, S 158. — [16]) J. H. Reineke, DRP 282285; Helios Fach- u. Exportz. 1915, S 303. — [17]) C. H. Mattern, DRP 281527; Helios Fach- u. Exportz. 1915, S 270. — [18]) (E. Beckmann u. K. Steglich), ETZ 1915, S 153. — [19]) W. Rohn, Z. Instrk. 1915, S 114. — [20]) J. W. Woodrow, Phys. Rev. Ser 2, Bd 4, S 491. — El. World Bd 65, S 36. — [21]) L. V. King (nach Phil. Mag.), El. World Bd 65, S 1303. — [22]) Ch. R. Darling, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 809. — [23]) S. L. Brown (nach Phys. Rev.), Electr. (Ldn.) Bd 75, S 549. — [24]) W. P. White (nach Jl. Am. Chem. Soc. Bd 36, S 1856), Z. Instrk. 1915, S 263. — [25]) J. Bethenod, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 510.

# D. Messungen und wissenschaftliche Untersuchungen.

## XIII. Elektrische Meßkunde.

Einheiten, Normalmaße. Von Prof. Dr. Herbert Hausrath, Karlsruhe. — Elektrische Meßinstrumente für Strom, Spannung, Leistung, Phase und Frequenz. Von Prof. Dr. Herbert Hausrath, Karlsruhe. — Messung des Verbrauchs. Elektrizitätszähler. Von Dr.-Ing. J. A. Möllinger, Nürnberg. — Elektrische Messungen und Meßverfahren, Hilfsmittel für Messungen. Von Prof. Dr. Herbert Hausrath, Karlsruhe.

### Einheiten und Normalmaße.

Von Prof. Dr. Herbert Hausrath.

**Neue Lehrbücher.** Die Prinzipien der elektrischen Messungen werden in einem Lehrbuch von Smith[1]), die Theorie und Praxis der elektrischen Meßinstrumente in einem Lehrbuch von Murdock und Oschwald[2]) behandelt.

**Einheiten und Benennungen.** Maurer[3]) macht den sehr beachtenswerten Vorschlag, die elektrostatisch gemessenen Dimensionen aus der Literatur verschwinden zu lassen und zu diesem Zweck dem Faktor im Coulombschen Gesetz der elektrostatischen Anziehung die Dimension eines Geschwindigkeitsquadrats zu erteilen. Kuhlmann[4]) schließt sich diesem Vorschlag an und teilt einige Wortkombinationen mit, die zur Benennung der bisher noch nicht benannten elektromagnetischen Einheiten geeignet erscheinen.

**Voltameter.** Im Bureau of Standards wurden von Vinal und Bates[5]) auf Grundlage der früheren Untersuchungen des B. of St. ein genauer Vergleich des Silber- und Jodvoltameters und eine Bestimmung des Werts von F (Elektrizitätsmenge, die 1 elektrochemisches Grammäquivalent zur Abscheidung bringt) durchgeführt. Die Resultate sind folgende: Verhältnis der abgeschiedenen Mengen von Silber zu Jod: 0,85017; elektrochemisches Äquivalent von Jod: 1,31502 (unter Zugrundlegung der gesetzlichen Definition des Ampere und hiermit des Coulomb durch die Abscheidung von 1,118 mg Silber); Wert von F für I = 126,92 : 96515, für Ag = 107,88 : 96494.

Das Mittel aus den beiden Werten ist 96504; als bester Wert für das absolut gemessene F wird 96500 bezeichnet.

Verschiedene, von seiten des B. of St. erhobene Einwendungen gegen die Arbeiten der Reichsanstalt über Silbervoltameter werden in zwei Abhandlungen von Jaeger und von Steinwehr[6]) als unzutreffend nachgewiesen. Die erstere enthält auch eine Besprechung der verschiedenen Formen des Silbervoltameters.

**Westonsches Normalelement.** Der genaue Wert der EMK eines Normalelements erscheint nur dann gesichert, wenn innerhalb des üblichen Temperatur-



bereichs keinerlei Umwandlungspunkte der das Element zusammensetzenden Stoffe vorkommen. Durch umfangreiche Untersuchungen von Steinwehrs[7]) in der Reichsanstalt ist nun der sichere Beweis erbracht, daß diese Vorbedingung tatsächlich erfüllt und infolgedessen die von Cohen aufgestellte Behaupttung von der Ungültigkeit der Jaegerschen Temperaturformel unhaltbar ist. — Für die Herstellung von Westonschen Normalelementen ohne weiteres zu verwendendes Merkurosulfat wird nunmehr von der Chem. Fabrik List in Seelze b. Hannover unter Kontrolle der Reichsanstalt hergestellt und verkauft.[8])

## Elektrische Meßinstrumente für Strom, Spannung, Leistung, Phase und Frequenz.

Von Prof. Dr. Herbert Hausrath.

**Temperaturkoeffizient von Meßinstrumenten.** Bercovitz[9]) gibt eine Zusammenstellung von Formeln für den Temperaturkoeffizienten der wichtigsten, aus Materialien von verschiedenem Temperaturkoeffizient gebildeten Schaltungen, die zur Elimination des Temperatureinflusses bei Meßinstrumenten verwendet werden können.

**Strommessung mittels der magnetomotorischen Kraft.** Die Messung höherer Stromstärken in Leitungen, die nicht unterbrochen werden dürfen, wird nun auch für Gleichstrom durch einen von Knopp[10]) mitgeteilten Apparat ermöglicht. Über den Leiter wird ein aufgeschlitzter Eisenring geschoben und in dem Luftschlitz eine Magnetnadel eingesetzt. Wird nun ein durch die Wicklung des Eisenrings fließender Hilfsstrom so eingestellt, daß der Nadelausschlag verschwindet, so findet man den Leitungsstrom durch Multiplikation der Hilfsstromstärke mit dem Verhältnis der Windungszahlen von Hilfswindungen und Primärwindungen. Oberhalb 100 A genügt eine Primärwindung, d. h. Verwendung des einfachen Stromleiters. Der Apparat ist auch als direkter Strommesser ausgebildet worden.

Aus dem von Rogowski (JB 1912, S 188) angegebenen magnetischen Spannungsmesser wurde durch Lindemann[11]) an der Reichsanstalt ein Meßinstrument für starke Hochfrequenzströme entwickelt. Es besteht im wesentlichen aus einer auf einen Holzkern gleichförmig aufgewickelten und mit einem Hitzdrahtinstrument verbundenen Ringspule, die ein oder mehrere Male von dem zu messenden Strom durchdrungen wird.

**Profilinstrumente mit gerader Skala.** Über diese von S & H (vgl. JB 1914, S 182) gebauten Instrumente werden nunmehr durch Keinath[12]) interessante Einzelheiten mitgeteilt. Das Gewicht aller beweglichen Teile einschließlich des Lenkermechanismus beträgt je nach dem Meßsystem 6 bis 10 g, das maximale Drehmoment 1,5 bis 4 gcm. Das Gewicht der leichtesten Instrumente ist auf 2,5 kg reduziert, während es beim schwersten, dem Leistungszeiger mit drei Systemen etwa 4,5 kg beträgt. Die neue Form machte die Schaffung neuer Ausführungen, zum Teil sogar neuer Systeme nötig, die weiter unten jeweils bei der betr. Instrumentengattung besprochen werden sollen.

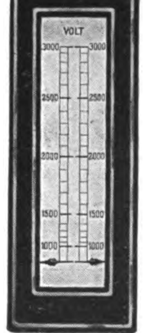


Abb. 14. Skale eines Dreheiseninstruments.

**Dreheiseninstrumente.** Diese von S & H[12]) als Strom- und Spannungsmesser mit geradem Profil für Wechselstrom verwendeten elektromagnetischen Meßinstrumente besitzen gegenüber den bisherigen neben größeren Abmessungen einen größeren festen Eisenkern, der eine Verringerung der entmagnetisierenden Kraft und hiermit eine Vergrößerung des Drehmoments bewirkt. Zwei übereinander angeordnete Spannungsmessersysteme lassen sich durch Bandübertragung derart mit zwei Lenkmechanismen koppeln, daß

die übersichtliche Doppelskala von Abb. 14 entsteht. — Ein anonymer Verfasser[13]) beschreibt ausführlich die Konstruktion eines modernen Dreheiseninstruments englischer Herkunft. Von gewissem Interesse sind die dabei mitgeteilten Ergebnisse einer vergleichenden Untersuchung von diesen und acht anderen Dreheiseninstrumenten verschiedener Konstruktion, die sich auf die Fehler in bezug auf 10 verschiedene Fehlerquellen sowie auf 3 elektrische und 5 mechanische Daten erstreckt. — Burrows[14]) erörtert die verschiedenen Faktoren, die den Einfluß der Kurvenform auf die Angaben von Dreheiseninstrumenten bestimmen.

**Elektrodynamische Strom- und Spannungsmesser.** Den Einfluß verschiedener Fehlerquellen auf die Angaben elektrodynamischer Strom- und Spannungsmesser machte Ridsdale[15]) zum Gegenstand theoretischer Untersuchungen. Hauptsächlich wird behandelt die Abweichung zwischen Wechselstrom- und Gleichstromangaben, die Einwirkung der Temperatur und der Einfluß der Periodenzahl. Theoretisch abgeleitete Formeln gestatten die Berechnung der Fehler aus den Instrumentdaten. Zugleich wird der Wert verschiedener zur Verringerung dieser Fehler dienenden Schaltungen erörtert. Die Schlußfolgerung, daß das Dynamometer in allen Anwendungen außer als registrierender Strommesser allen übrigen Wechselstrominstrumenten überlegen gemacht werden kann, dürfte allerdings nach der Einführung einwandfreier Eisenschluß-instrumente nicht mehr zutreffen.

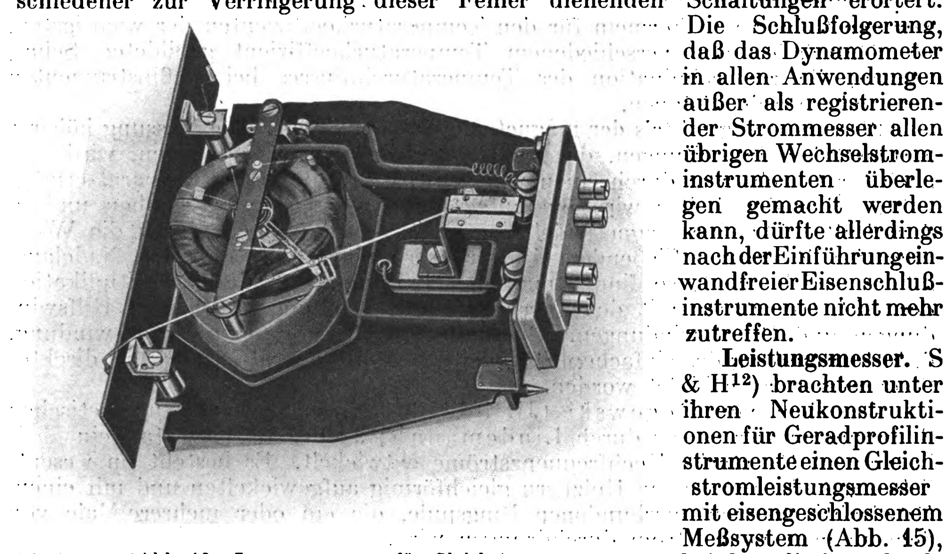


Abb. 15. Leistungsmesser für Gleichstrom.

**Leistungsmesser.** S & H[12]) brachten unter ihren Neukonstruktionen für Geradprofilinstrumente einen Gleichstromleistungsmesser mit eisengeschlossenem Meßsystem (Abb. 15), bei dem die feste Spule an die Spannung, die Drehspule an einen Nebenschluß mit 15 mV Spannungsabfall im Stromkreis angeschlossen ist. Infolge dieser Anordnung können die Instrumente für beliebig hohe Stromstärke gebaut werden, ein Ausschlag kann bei Anschaltung der Spannung im stromlosen Zustand nicht auftreten, Kurzschlüss können, da sie nur über die Drehspule gehen, keine wesentlichen Änderungeneim magnetischen Zustand des Eisens und hiermit der Konstanten bewirken.

Die neuen Eisenschluß- (ferromagnetischen) Leistungsmesser von S & H[12]) für Wechselstrom und Drehstrom ergeben bei gleichen Amperewindungen ein etwa 20mal so großes Drehmoment als ein eisenloses Instrument und haben den Vorzug, durch äußere Felder praktisch nicht beeinflußbar zu sein. Der Eisenkern mit 4 mm Luftspalt verursacht einen Frequenzeinfluß von nur ca. 1% bei Änderung der Frequenz von 15 bis auf 1000 Per/s und einen Phasenfehler von 15 min bei 50 und von 45 min bei 1000 Per/s. Das zur Leistungsmessung bei Drehstrom mit gleicher Belastung bestimmte Instrument ist derart geschaltet, daß wie bei den Ferraris-Drehfeldinstrumenten nur ein einziger Spannungstransformator nötig ist. Die zwei oder drei Systeme der Leistungsmesser für Drehstrom mit ungleicher Belastung sind durch ein auf Rollen unter Vorspan-

nung der Systemfedern laufendes Band gekoppelt. — Zur Summation und Registrierung der auf mehrere Netze abgegebenen Leistungen koppeln H & B[16]) die betreffenden, auf gleiche Konstante gebrachten Wattmeter mechanisch miteinander. Dabei lassen sich bis zu sechs Instrumente in gemeinsamem Kasten übereinander anordnen, wobei das obere jeweils mit einem Stift in den Schlitz einer Scheibe am unteren eingreift und das unterste den Zeiger trägt.

**Phasenmesser.** Die neuen Eisenschluß-Phasenmesser[12]) von S & H beruhen auf dem Kreuz-Drehspulenprinzip. Die von den Spannungsströmen mit dem Amplitudenverhältnis $\sqrt{3}$ und der elektrischen Phasenverschiebung von 90° durchflossenen beiden Drehspulen sind, wie Abb. 16 zeigt, um 90° versetzt auf dem Umfang einer Trommel aus Widerstandsmaterial gewickelt, die den kreisförmigen Eisenkern umschließt. Die Bohrung des äußeren Eisenkörpers ist derart, daß seine im Stromkreis liegende Bewicklung einen radialen, aber von der Polmitte ab sinusförmig abnehmenden Kraftlinienverlauf im Luftspalt erzeugt. Infolgedessen gelten dieselben Gleichungen, die zuerst von Bruger für eisenlose Stromspule mit homogenem Feld abgeleitet worden waren. Die Angaben der Wechselstromphasenmesser sind von der Frequenz abhängig, wenn deren Schwankungen ± 5% übersteigen. Die Drehstromphasenmesser sind von der Frequenz unabhängig. — Die gleiche elektrische Schaltung besitzt der Drehstromphasenmesser von H & B, dessen Theorie von Gruhn[17]) entwickelt wird. Der mechanische Aufbau entspricht ganz dem des Einphasen-Phasenmessers derselben Firma (JB 1913, S 192), indem sie nur eine von einem kleinen Stromtransformator gespeiste Drehspule und zwei fest angeordnete Feldspulen besitzt.

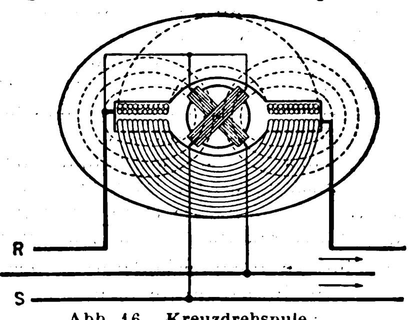


Abb. 16. Kreuzdrehspule.

Obgleich ein mittlerer Leistungsfaktor bei ungleich belastetem Drehstromsystem keine physikalische Bedeutung hat, wurden mehrfach Phasenmesser angegeben, die von allen drei Strömen und Spannungen beeinflußt werden. Gifford[18]) geht bei der Ausbildung eines als „Induktionsphasenmesser“ bezeichneten Instruments von einer von Punga herrührenden Anordnung eines Drehstromphasenmessers aus, der eine von den Strömen abhängige feste Drehfeldanordnung und ein entsprechendes, von den Spannungen abhängiges System von drei Drehspulen besitzt. Einen erheblichen Nachteil des Pungaschen, wie jedes anderen bisher verwendeten Phasenmessers mit Zuleitungen zu den Drehspulen erblickt Gifford darin, daß die Zuleitungen die Bewegung des Systems begrenzen. Die Spannungsströme werden deshalb von ihm induktiv auf die Drehspulen übertragen.

Die experimentelle Prüfung des Instruments ergab ungefähre Übereinstimmung mit der vom Verfasser entwickelten Theorie. Eine Frequenzänderung von 10% erzeugt etwa 1° Ausschlagsänderung, also auch 1° Fehler des angezeigten Phasenwinkels. Die Phasenwinkelskala kann gegenüber der natürlichen Winkelteilung auch bei diesem Instrument zusammengezogen werden, so daß sie sich bei begrenztem Ausschlagswinkel nach beiden Seiten auf kleinere Leistungsfaktoren erstreckt, als dem cos des maximalen Ausschlagswinkel entspricht. Zu diesem Zweck wird eine der drei Spannungsspulen auf die $n$-fache Amperewindungszahl der übrigen gewickelt. Dann ist das Verhältnis von Ausschlag zu Phasenwinkel nicht mehr 1 sondern $3/(2n+1)$.

**Frequenzmesser.** Ein neuer, auch für Funkenregistrierung verwendeter Zeigerfrequenzmesser von S & H wird von Keinath[19]) angekündigt. Er ist konstruktiv mit dem neuen Eisenschlußwattmeter identisch und beruht auf der Phasenänderung des Stromes in einem Resonanzkreis. Das Instrument, dessen Theorie noch nicht veröffentlicht ist, soll eine bei Zeigerfrequenzmessern

bisher nicht erreichte Genauigkeit und Empfindlichkeit besitzen, derart, daß z. B. eine Frequenzänderung von $\pm 2\%$ einen Skalenausschlag von $90^0$ erzeugt. — Über Verfahren und Apparate zur Bestimmung der Frequenz von Wechselströmen ist ein zusammenfassender Bericht von Buttler[20]) gegeben worden.

**Induktionsinstrumente.** Eine Theorie dieser Instrumente hat Siegbahn[21]) unter starker Schematisierung der Vorgänge und Anordnungen und unter Vernachlässigung der Ankerrückwirkung entwickelt. Auf diese Weise konnte bei Induktionsinstrumenten jeder Gattung das Drehmoment durch einfache und einander ähnliche Formeln in ihrer Abhängigkeit von den elektrischen und Konstruktionsgrößen ausgedrückt werden. Diese Formeln beanspruchen jedoch keine praktische, sondern nur didaktische Bedeutung. — Auch eine Bestimmung der „Raumgestaltung der Triebströme" in der Scheibe von Induktionszählern durch Weißbach[22]) ist unter praktisch kaum zulässigen Vernachlässigungen erfolgt, offenbar in Unkenntnis der Arbeit von Wirz, in der eine einwandfreie Theorie der Induktionsinstrumente unter Berücksichtigung der Ankerrückwirkung gegeben worden war.

**Registrierinstrumente und Oszillographen.** Über Neukonstruktionen verschiedener deutscher Firmen auf dem Gebiet der Registrierinstrumente, insbesondere über die Farbschreibvorrichtungen findet sich im Helios[23]) ein zusammenfassender Bericht. Bei den neuen Registrierinstrumenten der AEG[24]) mit bogenförmigen oder geradlinigen Koordinaten ist insbesondere die elektrische Aufzugsvorrichtung zu erwähnen.

Ein interessanter Aufsatz von Keinath[19]) behandelt die Grundsätze, denen registrierende Instrumente bzw. Oszillographen für die verschiedenen Kategorien veränderlicher Vorgänge entsprechen müssen und die Neukonstruktion von S & H, die nach diesen Grundsätzen ausgebildet sind.

Er kommt zu folgenden Ergebnissen: Die Verzögerung der aufgezeichneten gegen die aufzuzeichnende Kurve bewirkt außerhalb des Resonanzgebietes keine bemerkbare Änderung der Gestalt der Kurve. Bei aperiodischer und halbaperiodischer Dämpfung lassen sich die Kurven mit einem Fehler unter 3% bis zu 0,22 bez. 0,5 der Eigenfrequenz des Meßsystems aufzeichnen. Der Amplitudenfehler nimmt bei aperiodischer Dämpfung mit dem Quadrat, bei halbaperiodischer mit der 4. Potenz der Frequenz zu; er muß durch Auswahl geeigneter Meßsysteme gering gehalten werden.

Die bisher zwischen den Tintenschreibern und den Oszillographen trotz der für technische Anwendung kaum in Frage kommenden Saitengalvanometer bestehende Lücke in der Skala der registrierenden Instrumente ist durch zwei neue Instrumentenformen, die neuen Funkenregistrierinstrumente und den Drehspuloszillographen von S & H[19]) ausgefüllt worden. Erstere, die selbstverständlich nicht eigentlich Momentanwerte, sondern Effektivwerte aufzuzeichnen haben, besitzen die für Zeigerinstrumente bisher wohl noch nicht erreichte Eigenschwingungsdauer von nur 0,1 s für die halbe ungedämpfte Schwingung, entsprechend einer praktischen Einstelldauer von etwa 0,15 s bei aperiodischer Dämpfung. Als Meßsystem werden sowohl für Gleich-, wie für Wechselstrom die oben besprochenen Neukonstruktionen, jedoch mit besonders kleinem Trägheitsmoment verwendet. Umfangreiche Vergleichsversuche an Betriebs- und Arbeitsmaschinen mannigfachster Art haben gezeigt, daß die neuen Funkenregistrierapparate im Gegensatz zu den Tintenregistrierapparaten den Arbeitsvorgang wohl aller größeren Arbeitsmaschinen mit schnell veränderlicher Belastung getreu wiederzugeben vermögen.

Die Rolle des Drehspulenoszillographen im Vergleich zu den Meßschleifenoszillographen geht aus folgender Zusammenstellung über Eigenschwingung und Eigenverbrauch der Oszillographen von S & H hervor. Den Periodenzahlen 12000, 6000, 3000, 2000, 50 Per/s entspricht für 1 mm Ausschlag auf der photographischen Trommel die Leistungsaufnahme von 25, 9, 4, 0,22 und 0,0165 $\mu$W. Mit der Meßschleife von 12000 Per/s wird bei 3% Fehler noch eine Harmo-

nische von 3000 Per/s aufgezeichnet; falls man durch Mischen des Öles die Dämpfung unteraperiodisch einstellt, sogar von 9000 Per/s. Das System von 50 Per/s, das übrigens auch als Vibrationsgalvanometer für technische Frequenzen ausgebildet werden kann, enthält statt der Meßschleife eine kleine Drehspule, die in einem Einsatz von gleicher äußerer Form wie die Meßschleifen untergebracht ist.

Durch weitere Verfeinerung des Drehspulensystems, das nun aus gänzlich unmagnetischem Material hergestellt und mit Draht von einigen $\mu$ Durchmesser bewickelt ist, wurde bei einer Eigenfrequenz von etwa 50 bis 100 Per/s und Systemwiderstand von 3000 $\Omega$ eine Stromempfindlichkeit von $6 \cdot 10^{-9}$ A, also eine Leistungsaufnahme von nur etwa $0{,}1 \cdot 10^{-12}$ W für 1 mm Ausschlag erreicht. Zum Schutz vor Erschütterungen muß das Instrument auf vier Luftkissen getrennt von dem Beobachtungs- und Registrierapparat aufgestellt werden. Die optische Einrichtung und Ablaufvorrichtung zeigt gegenüber der des normalen Oszillographen einige praktische Verbesserungen. Ferner ist ein Kontaktmechanismus zur Erzeugung einer rechteckigen Kurve eingebaut, mittels deren die Dämpfung kontrolliert werden kann.

Für die Darstellung des Ablaufs von Hochspannungskurven in den Fällen, wo kein Spannungstransformator anwendbar ist, kann eine rotierende Gehrckesche Glimmlichtröhre gute Dienste leisten, wie sie auf Anregung von Janus und Voltz[25]) von Reiniger, Gebbert und Schall ausgeführt wird.

Eine wertvolle Unterstützung beim Arbeiten mit der Braunschen Röhre bieten die von Minton[26]) auf Grund langjähriger Versuche mitgeteilten Erfahrungen. Durch längeres Erhitzen auf 350° erhält man Röhren von gleichbleibender Luftleere. Die Kathodenstrahlenemission wird stabil und Überschläge zwischen Kathode und Anode werden beseitigt, wenn ein hoher Widerstand unmittelbar vor die Kathode eingeschaltet wird. Die Ablenkungsplatten können auch bei technischen Frequenzen außerhalb der Röhre angebracht werden, wenn die Röhre in ihrer Umgebung unhygroskopisch gemacht wird. Zur Erzeugung der Kathodenstrahlen eignet sich ein rotierender Gleichrichter oder das Kenotron.[27]) Zur Abschirmung des Feldes, das von der auf 20000 V befindlichen Kathodenleitung erzeugt wird, vom Feld der Ablenkungsplatten sind geeignete Metallschirme anzuwenden.

Russel[28]) behandelt die Frage nach der besten Methode zur harmonischen Kurvenanalyse. Zur Berechnung der Fourierschen Konstante schlägt er gewisse Reihenentwicklungen vor, kommt aber zum Schluß, daß die Berechnung mittels der Weddleschen Regel in den meisten Fällen die besten Resultate gibt. Die Reihenformeln von Thomson eignen sich zur Verifizierung der durch mechanische Quadratur gefundenen Werte.

**Galvanometer.** Klopsteg[29]) erörtert die Umstände, die eine Nichtproportionalität des ballistischen Ausschlags bei Drehspulinstrumenten für verschiedene Elektrizitätsmenge und verschiedene Stromrichtung bewirken und über die Mittel, durch die sie unter Umständen beseitigt werden können. Auf den Einfluß der Entladungsform und -zeit wird dabei nicht eingegangen. Letzteres Problem ist Gegenstand einer theoretischen und experimentellen Untersuchung von Worthing.[30]) Dieser berechnet den Faktor, mit dem ein ballistischer Ausschlag bei zu langsamem Stromverlauf multipliziert werden muß, um den entsprechenden für stoßförmige Entladung bei gleichem $\int e\,dt$ zu erhalten, für den Sonderfall, daß die Entladung durch eine EMK von der Zeitfunktion $E_0 e^{-\delta t}$ bewirkt wird. Eine theoretische Behandlung des Einflusses der Schwingungskonstanten auf die Angaben eines Galvanometers findet sich in einer Arbeit von Blondel und Carbenay.[31])

Die Theorie des Saitengalvanometers wird von Ornstein[32]) behandelt.

Von S & H ist das Vibrationsgalvanometer mit Drehspulsystem soweit ausgearbeitet worden, daß nun ein handliches und den Anforderungen wissen-

schaftlicher und technischer Messungen aller Art am besten entsprechendes Instrument geschaffen ist. Während für erstere Zwecke möglichst hohe Empfindlichkeit und Resonanzschärfe bei geringer Dämpfung gewünscht wird, soll das für technische Messungen (vgl. z. B. JB 1913 S 188) bestimmte Instrument genügende Dämpfung besitzen, um bei Schwankungen der Betriebsfrequenzen keinen störenden Amplitudenabfall zu erfahren. Die Theorie hierzu, die durch experimentelle Aufnahmen bestätigt wird, teilt Zöllich[33]) mit. Besonders wichtig erweist sich die Stärke des Magnetfeldes, die wie beim Drehspulinstrument im aperiodischen Grenzfall für große Stromempfindlichkeit groß und für große Spannungsempfindlichkeit klein zu wählen ist. Die gewählte, sehr schmale Spule ergibt schnelle Einstellung des Endausschlags und hohe Empfindlichkeit bei genügend kleiner Resonanzschärfe. Zur Dämpfung angebrachte Kurzschlußwindungen bewirken hierbei keinen zu großen Empfindlichkeitsverlust. Das Instrument von 50 Per/s Eigenschwingung gibt eine Bogenamplitude von 0,001 für $8 \cdot 10^{-9}$ A bei sehr hohem, und für $2 \cdot 10^{-6}$ V bei sehr kleinem Schließungswiderstand. Die entsprechenden Daten für 500 Per/s sind $1 \cdot 10^{-7}$ A und $5 \cdot 10^{-6}$ V.

**Elektrometer.** Das Zelenysche Elektrometer ist von Horton[34]) verbessert worden. — Parson[35]) beschreibt eine Modifikation des Quadrantelektrometers, die in Quadrantschaltung eine Erhöhung der Empfindlichkeit, allerdings auf Kosten der Proportionalität zwischen Spannung und Ausschlag ergibt. Dies wird dadurch erreicht, daß der Luftspalt zwischen den nach Abb. 17 geformten, die Quadranten ersetzenden Sektorenpaaren $AA'$ und $BB'$ durch einen scherenförmigen Mechanismus vergrößert wird. Hierdurch kommt die an feinstem Quarzfaden aufgehängte Nadel in immer weniger stabilen Zustand. Eine noch genügend stabile Ablenkung tritt für empfindlichste Einstellung bei einem Bogen von 0,03 für 1 mV ein, während bei engstem Luftspalt der Bogenausschlag nur 0,0006 beträgt. — Ein Vibrationselektrometer, das nur für Wechselstrom-Nullmethoden bei sehr hohen Impedanzen in Betracht kommt, wurde nach dem Prinzip des Quadrantelektrometers, anscheinend ohne Kenntnis des Vorganges von Greinacher (JB 1913, S 188), von Curtis[36]) konstruiert. Bei Resonanz kann unter günstigsten Verhältnissen — Evakuierung des Gehäuses, günstigste Nadelspannung und Eigenfrequenz — ein Strom von $10^{-12}$ A nachgewiesen werden. Umfangreiche Versuche bestätigen die von Curtis entwickelte Theorie des Instruments.

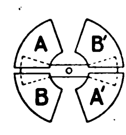


Abb. 17. Elektrometer.

**Thermische Instrumente.** Im Bureau of Standards wurde durch Dellinger[37]) das Verhalten der als Hochfrequenzstrommesser allein in Betracht kommenden thermischen Instrumente nach dem Hitzdraht-, Bolometer- und thermoelektrischen Prinzip einer gründlichen Untersuchung unterworfen. Als hauptsächlichste Fehlerquelle bei solchen vergleichenden Untersuchungen erwies sich die Erdkapazität der Instrumente, besonders die der bolometrischen Meßanordnungen. Durch ein Schutzsystem konnte sie praktisch beseitigt werden. Bei den gebräuchlichen Hochfrequenzinstrumenten erweist sich die Widerstandsänderung durch Skineffekt nicht als bedeutend und die Störung durch benachbarte Metallmassen nur in extremen Fällen als nachteilig, vielmehr haben die beobachteten Fehler der Instrumente, in denen mehrere Drähte in Parallelschaltung vorkommen, fast ausschließlich ihre Ursache in den Schleifeninduktivitäten. Der hieraus entstehende Fehler wird bei den Paralleldrahtinstrumenten praktisch durch Verwendung von Drähten mittlerer statt guter Leitfähigkeit beseitigt, indem hierdurch der Einfluß der Induktivität gegen den des Widerstands schon genügend zurücktritt. Unverzweigte Hitzdrahtinstrumente können dagegen nur bei Verwendung von eigentlichem Widerstandsmaterial als Hitzdraht bis über den Frequenzbereich der drahtlosen Telegraphie fehlerfrei gemacht werden. Die für alle Typen durchgeführten Berechnungen der Stromverteilung wurden experimentell bestätigt. Wegen der großen Schwierigkeit, feine Drähtchen oder Bändchen mit genügender

Gleichförmigkeit herzustellen, wird als einwandfreies Hochfrequenzinstrument nur ein solches mit einem einzigen feinen Draht angesehen.

Ein neues eigenartiges Hochfrequenzinstrument von Eccles und Makower[38]) wird sich in der Praxis nicht einführen können, da es mikroskopische Ablesung erfordert.

**Meßtransformatoren.** Wirz[39]) stellte sich die Aufgabe, auf theoretischer Grundlage Bedingungen abzuleiten, aus welchen sich die Abmessungen und das Verhalten eines Einphasen-Spannungswandlers auf wenige Prozent genau vorausberechnen läßt. Von den wichtigen Ergebnissen der umfangreichen Untersuchung, die wohl zum erstenmal eine strenge und allgemein gültige Grundlage für die Vorausberechnung von Spannungstransformatoren liefert, wie sie früher vom gleichen Verfasser für Stromtransformatoren[40]) gegeben war, sei hier nur die überraschend große Abhängigkeit des Phasenfehlers von der Art der Belastung erwähnt. Ein vollständig durchgeführtes Berechnungsbeispiel ist der Arbeit beigefügt. — Die Erfahrung, daß Stromwandler, die sich bei Prüfung mit Niederspannung durchaus einwandfrei zeigten, im Betrieb infolge Hochspannungserscheinungen ganz abnorme Fehler gaben, veranlaßte Wirz[41]), die Hauptursache dieser Fehler aufzusuchen und ihre Größenordnung zu bestimmen. Diese Untersuchung führt zu der praktischen Folgerung, daß die neuerdings empfohlene Überbrückung von Stromwandlern mit veränderlichen (Silit-) Widerständen zu verwerfen und statt dessen konstante Parallelwiderstände anzuwenden sind, wenn eine konstruktive Umgestaltung nicht möglich ist. Die Grundsätze, nach denen die konstruktive Ausbildung zu erfolgen hat, durch die genügender Schutz gegen Beschädigung und Beeinflussung durch Wanderwellen erreicht wird, werden in einer weiteren Abhandlung desselben Verfassers[42]) besprochen. In dieser werden auch Versuche mitgeteilt, aus denen hervorgeht, daß sowohl die Lage der Zuführungsschienen, als auch die Form und Anordnung des Leiterquerschnitts einen bedeutenden Einfluß auf die Größe des Potentialgefälles ausübt, das in der Stromwicklung durch darübergehende Wellen entsteht.

Als vorteilhafteste Sekundärstromstärke von Stromwandlern empfiehlt Pfiffner[43]) aus verschiedenen naheliegenden Gründen 1 A. Das Auftreten gefährlicher Sekundärspannung bei sekundärer Unterbrechung vermeidet er durch Einfügung eines gesättigten Eisenkerns in den magnetischen Kreis, ohne daß dabei die Eigenschaften des Stromwandlers, abgesehen von der stark heruntergesetzten maximalen Sekundärleistung, praktisch verändert werden.

[1]) Arthur Whitmore Smith, Principles of Electrical Measurements, New York 1914, The Mc Graw-Hill Book Company. — [2]) W. H. F. Murdock u. U. A. Oschwald, Electrical instrument in theory and practice, London 1915, Whittaker. — [3]) H. Maurer, ETZ 1915, S 228. — [4]) K. Kuhlmann, ETZ 1915, S 545. — [5]) G. W. Vinal u. S. J. Bates, Bull. Bur. Standards Bd 10, S 425; El. World Bd 64, S 437. — [6]) W. Jaeger u. H. v. Steinwehr, ETZ 1914, S 1; Z. Instrk. 1915, S 225. — [7]) v. Steinwehr, Z. physik. Chem. Bd 88, S 229. — [8]) ETZ 1914, S 631. — [9]) D. Bercovitz, Helios Fachz. 1915, S 21. — [10]) O. A. Knopp, El. World Bd 66, S 751. — [11]) Z. Instrk. 1915, S 143. — [12]) Gg. Keinath, ETZ S 28. — [13]) Electr. (Ldn.) Bd 76, S 120. — [14]) R. B. Burrows, Electr. (Ldn.) Bd 73, S 995. — [15]) Ridsdale, J. Inst. El. Eng. Bd 48, S 515; ETZ 1915, S 88. — [16]) ETZ 1915, S 177. — [17]) K. Gruhn, ETZ 1915, S 595. — [18]) R. D. Gifford, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 125. — [19]) G. Keinath, ETZ 1915, S 633, 651, 662, 679. — [20]) K. Buttler, Z. Feinmechanik Bd 23, S 67, 86, 94, 101, 111, 118. — [21]) Manne Siegbahn, Ark. Mat. Astr. Fys. Bd 10, Nr 5. — [22]) Weißbach, Darmstädter Dissertation 1915. — [23]) Helios Exportz. 1915, S 701, 722. — [24]) Helios Exportz. 1915, S 585. — [25]) Janus u. Voltz, Phys. Z. 1915, S 133, 213. — [26]) J. P. Minton, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 1115. — [27]) Saul Dushman, Gen. El. Rev. 1915, S 156. — [28]) A. Russell, Electr. (Ldn.) Bd 74, S 620. — [29]) P. C. Klopsteg, Phys. Rev. R 2, Bd 5, S 266; El. World Bd 65, S 1170. — [30]) A. G. Worthing (nach Phys. Rev. Juli 1915), El. World Bd 66, S 299. — [31]) A. Blondel u. F. Carbenay, C. R. Bd 161, S 546. — [32]) L. S. Ornstein, Proc. Amsterdam Bd 17, S 784. — [33]) H. Zöllich, Arch. El. Bd 3, S 369. — [34]) Frank

Horton, Phil. Mag. R 6, Bd 30, S 381. — [35]) A. L. Parson, Phys. Rev. R 2, Bd 6, S 390. — El. World Bd 65, S 1211. — [36]) H. L. Curtis, Bull. Bur. Stand. Bd 11, S 535. — J. Wash. Acad. Bd 4, S 569. — [37]) J. H. Dellinger, Bull. Bur. Stand. Bd 10, S 91. — Z. Instrk. 1915, S 116. — [38]) W. H. Eccles u. A. J. Makower, Electr. (Ldn.) Bd 76, S 233. — [39]) Emil Wirz, Bull. Schweiz. El. Ver. 1914, S 303, 347, 361, 389. — [40]) Wirz, Bull. Schweiz. El. Ver. 1913, S 365. — [41]) Wirz, ETZ 1915, S 450, 467, 532. — [42]) Wirz, Bull. Schweiz. El. Ver. 1915, S 121. — [43]) E. Pfiffner, El. Masch.-Bau 1915, S 289.

---

## Messung des Verbrauchs. Elektrizitätszähler.

Von Dr.-Ing. J. A. Möllinger.

**Messungen, Theorie, Eichvorschriften.** Hollister[1]) leitet die Gleichungen für das Drehmoment des Induktionszählers nochmals ab. Beim Zähler mit Scheibenanker und 2 Strom- und einem Spannungsfeld betrachtet er (nach Bláthy und Rogowski) die Wirkung eines Feldes auf die von dem anderen Feld induzierten Scheibenströme. Bei Zählern mit Glockenanker und 2 diese durchsetzenden Feldern zerlegt er diese (nach Bruger) je in 2 in entgegengesetzte Richtung rotierende Felder. Auch für nicht sinusförmige Wellen werden einige Gleichungen aufgestellt.

Nach Brückmann[2]) ist bei Induktionszählern der Fehlwinkel $\delta$, d. h. der Winkel, um den die gegenseitige Verschiebung des Strom- und Spannungsfeldes von dem Sollwert $90 \mp \varphi$ abweicht, mit $\cos\varphi$ stark veränderlich.

Einige der Bemerkungen, die Pratt[3]) bei der Beschreibung des Wechselstromzählers J 14 der Gen. El. Co. (s. JB 1914) über Induktionszähler machte, seien hier, wenn sie auch nicht vollständig zutreffen, wiedergegeben. Ein Induktionszähler ohne jede Verluste im Spannungskreis würde ein Drehmoment haben proportional der zu messenden Leistung. Es ist wünschenswert, diese Verluste möglichst klein zu machen und dadurch bereits den Spannungsstrom möglichst stark zu verschieben; denn die Hilfsvorrichtungen, die man benutzt, um die an 90° noch fehlende Verschiebung hervorzubringen, sind von Frequenz und Wellenform nicht unabhängig. Ein Zähler, der ohne solche Einrichtungen auskäme, wäre von der Frequenz nahezu unabhängig.

Die Fehler des Zählers bei nicht sinusförmiger Welle sind um so kleiner, je kleiner die Zeitkonstante der Strombahnen der Scheibenströme, d. h. je größer der Luftraum, je dünner die Scheibe und je kleiner ihre Leitfähigkeit ist. Das Zurückbleiben des Wirbelstromes infolge der Zeitkonstante der Scheibe möge bei der Grundwelle 10° betragen. Dann werden hierdurch noch keine großen Fehler hervorgerufen, weil der Kosinus von 10° sehr nahe gleich Eins ist. Bei den höheren Harmonischen sind die Verschiebungswinkel wesentlich größer, der Kosinus weicht erheblich von 1 ab, im gleichen Maße der Wirbelstrom, im Quadrat das Drehmoment. Bei einer Welle, bei der die 7. Harmonische 5% der Grundwelle beträgt, würde sich daraus ein Fehler von etwa 3% ergeben. Die Fehler bei nicht sinusförmigen Wellen sind weiter um so kleiner, je größer die Verschiebung des Spannungsstromes und je kleiner die Wirkung der Phasenabgleichung ist.

Wenn zwei Generatoren I und II auf zwei gemeinsame Sammelschienen arbeiten und I bald Energie ($A_a$) an diese abgibt, bald von ihr zurückempfängt ($A_z$), zeigt ein gewöhnlicher Wattstundenzähler $A_a - A_z$ an. Soll nur $A_a$ gezählt werden, so kann dies erreicht werden durch Einbauen einer Rücklaufhemmung, aber nur, wenn das Vorwärts- und Rückwärtslaufen des Zählers je längere Zeit andauert. Loß[4]) berichtet über einen Fall, wo die Stromstöße entgegengesetzter Richtung so rasch aufeinander folgten, daß eine Messung der in der einen Richtung transportierten Arbeit nicht möglich war.

Um bei Zählern, die mit Meßwandlern zusammenarbeiten, die richtige Schaltung zu prüfen, verwendet Frank R. Innes[5]) eine Prüfleitung, die eine Glühlampe enthält.

Evershed[6]) untersucht sehr eingehend die Reibung bei Zählwerken. Schleichende Walzen hält er für unzweckmäßig wegen der größeren Reibung und Schwierigkeit der Ablesung. Er strebt das Zählwerk mit springenden Ziffern an. Wenn das Fallgewicht auf einer langsam drehenden Achse angeordnet wird, ist die Beeinflussung des Zählers gering. Die Reibung wird geringer, wenn man die Schnecke nicht auf der Zählerachse anordnet, sondern zunächst mittels Stirnrad ins langsame übersetzt.

Miller[7]) hat fünf Wattstundenzähler — offenbar des Induktionstyps — von verschiedener Konstruktion im Thermostaten, dessen Temperatur mittels Kühlmaschinen und Glühlampen von $-29^0$ C auf $+60^0$ C geändert wurde, untersucht. Die Änderungen der Zählerkonstante betragen bei halber Belastung etwa zwischen 0,03% und 0,1% für $1^0$ C und zwar zeigen die Zähler bei höherer Temperatur zu viel. Bei $^1/_{10}$ Last ändern sich die Zähler über das ganze Temperaturintervall praktisch nicht, da die Zugkraft der Anlaufvorrichtung mit steigender Temperatur fällt.

Drehstromzähler für gleichbelastete Zweige sowie Zähler für induktionslose Belastung werden von der Reichsanstalt[8]) nicht mehr beglaubigt. Doppeltarif-Elektrizitätszähler werden auch beglaubigt, wenn bei ihnen die Umschaltuhr oder ein anderes selbsttätiges Umschaltorgan angebaut oder eingebaut ist; doch erstreckt sich die Prüfung und Beglaubigung nur auf den Zähler selbst. Ferner wird von der Reichsanstalt[9]) bei neu zu beglaubigenden Gleichstrom-Wattstundenzählern der höchstzulässige Spannungsabfall in der Stromspule für Stromstärken von 5 A abwärts auf 2,5 V, für Stromstärken über 5 A auf 1,5 V festgesetzt.

Von Schmidt[10]) wurde der Vorschlag wiederholt, die Zählwerke so einzurichten, daß der zu zahlende Betrag direkt in M und Pf abgelesen werden kann. Solche Zähler sind im Verkehr nur zulässig, wenn das Leistungsschild eine Angabe enthält, aus der ohne weiteres der Verbrauch in kWh zu berechnen ist. Zur Beglaubigung sind diese Zähler nach der gegenwärtigen Prüfordnung nicht zulässig. Die Reichsanstalt steht jedoch einer diesbezüglichen Änderung sympathisch gegenüber.

Zufolge einer Erweiterung der Prüfordnung[11]) sind nunmehr auch Meßwandler amtlich beglaubigungsfähig. Die Abweichung der Übersetzung von dem Sollwert und die Verschiebung zwischen Primärstrom und Sekundärstrom darf höchstens betragen: $\pm$ 0,5% und $\pm$ 40′ vom Nennwert des Stromes bis zu dessen 5. Teil; $\pm$ 1% bzw. $\pm$ 60′ von $^1/_5$ Nennstrom ab bis $^1/_{10}$ Nennstrom. Diese Bedingungen müssen erfüllt sein für alle Belastungswiderstände, deren Ohmzahl zwischen 0 und $15/J^2_{2,N}$ und deren Leistungsfaktor zwischen 0,5 und 1 liegt. $J_{2,N}$ bedeutet dabei den Nennwert der sekundären Stromstärke. Mit dem oberen Wert des Widerstandes gibt der Stromwandler bei Nennstrom 15 VA ab. Bei Spannungswandlern darf bei Spannungen von 0,8 bis 1,2 des Nennwertes die Abweichung der Übersetzung von ihrem Sollwert und die Phasenverschiebung zwischen primärer und sekundärer Klemmenspannung höchstens $\pm$ 0,5% bzw. $\pm$ 20′ betragen. Diese Bedingungen müssen erfüllt sein für alle Belastungswiderstände, deren Ohmzahl zwischen $\infty$ und $30/K^2_{2,N}$, und deren Leistungsfaktor zwischen 0,5 und 1 liegt. ($K_{2,N}$ = Nennwert der sek. Klemmenspannung.) Auf den unteren Wert dieses Widerstandes gibt der Wandler bei Nennspannung 30 VA ab.

Nach Edelmann[12]) wurden im Deutschen Reiche im Jahre 1914 etwa 20000 Zähler, deren weitaus größte Zahl einem beglaubigten System angehören, 3259 Tarifuhren, Zeitzähler und andere Tarifgeräte, 310 Stromwandler und Leistungsmesser und andere Meßgeräte amtlich geeicht. Die Zahl der amtlich geprüften Zähler erscheint mit Rücksicht darauf, daß mehr als 1,1 Millionen Zähler in Deutschland installiert sind, gering.

**Konstruktionen.** Amtliche Systembeschreibungen erschienen von folgenden Apparaten:

a) Gleichstrom-Wattstundenzähler: LRc der AEG[13]) (Bürstenschaukel, Stromfeld durch Eisenscheibe verstärkt). — KG der AEG (Oszillierender Zähler; durch Anwendung von zwei Spannungsspulen entgegengesetzter Polarität, deren eine innerhalb, deren andere außerhalb der Stromspule schwingt, astatisch gemacht). — TLRc und TKG, dieselben Konstruktionen für Doppeltarif.

b) Wechselstromzähler: EF von Aron[14]) (ein einziges E-ähnliches Triebeisen trägt auf dem mittleren Schenkel die Spannungsspule; auf zwei Vorsprüngen des unteren Schenkels die Stromspulen). — CB und DB von Landis & Gyr[15]) (E-ähnliches Spannungseisen, an dessen unteren Schenkel das U-förmige Stromeisen senkrecht angesetzt ist. Letzteres ist durch einen verstellbaren Eisenbügel auf der anderen Seite der Scheibe magnetisch geschlossen. Die Verschiebung wird durch ein im Luftspalt des magnetischen Nebenschlusses befindliches Kupferblech auf 90° zurückgeführt. — J der Isaria Zählerwerke[16]) (dreischenkliges Spannungseisen mit magnetischem Nebenschluß, U-förmiges Stromeisen; die Verschiebung wird durch eine auf dem Stromeisen sitzende, über einen regelbaren Widerstand geschlossene Wicklung auf 90° zurückgeführt).

c) Drehstromzähler für Vierleiter: BM4 von Aron[17]) (drei Triebsysteme Form BF, von denen jedes von dem Strom in einem Außenleiter und der Spannung dieses gegen den Nulleiter beeinflußt werden, wirken auf drei Scheiben ein).

d) Magnetmotorzähler: AZ von Körting u. Mathiesen.[18]) — JB, JBc von Landis & Gyr.[19]) (Ein in das Klemmenstück eingebauter Umschalter ermöglicht das Kommutieren des Ankerstromes, so daß man die O'Keenansche Reibungskompensation richtig zur Wirkung bringen kann, gleichgültig ob die Zähler in Dreileiteranlagen in den +Leiter oder den —Leiter eingeschaltet werden.)

e) Meßwandler :NE 11 Spannungswandler der SSW.[20]) (Frequenz 40—60, 500 bis 6600 V, 30 VA sekundäre Leistung; erstes beglaubigtes Meßwandlersystem.)

Bei einem neuen Wechselstromzähler[21]) mit dreischenkligem Spannungskern sind die Polflächen des U-förmigen Stromeisens zur Erhöhung des Drehmomentes verbreitert. Der magnetische Rückschlußbügel für das Spannungsfeld führt zu den beiden äußeren Schenkeln des Spannungseisens. Die Anlaufregulierung besteht in einer auf dem Joch des Spannungseisens befindlichen, durch einen Schleifdraht regelbaren Kupferwindung. Strom- und Spannungseisen werden getragen von einem gemeinsamen, mit der Grundplatte verbundenen und versteiften Eisenrahmen.

Radtke[22]) schlägt auf Grund eines von Hagenbach angegebenen Rotationsversuches folgenden Quecksilber-Motor-Wattstundenzähler vor. Die Kammer, die das Quecksilber und den aus weichem Eisen bestehenden Anker einschließt, ist durch zwei durch einen Isolierring am Umfang voneinander isolierte kreisförmige Kupferplatten gebildet; auf die letzteren sind Spannungsspulen mit den Stirnseiten aufgesetzt, die in der Ankerscheibe ein radiales, magnetisches Feld erzeugen. Der Verbrauchsstrom fließt axial und schneidet die Kraftlinien der Scheibe; das Drehmoment ist dem Produkt aus Strom und Spannung proportional. Auf der Achse sitzt eine zweite Scheibe, die durch Stahlmagnete gebremst wird. Die gefundene Beziehung zwischen Leistung und Drehzahl war nicht genau linear.

**Tarife und Tarifapparate.** Cahen[23]) berichtet über die in Amsterdam eingeführten Münzzähleranlagen, die hauptsächlich für Arbeiterwohnungen bestimmt sind. Eine Anzahl Lampen wird kostenlos installiert, jedoch muß min-

destens jährlich für 17 M Strom verbraucht werden. Der Strompreis beträgt bei diesen Anlagen für Licht 30 Pf, für Kraft 17 Pf (gewöhnliche Anlagen 25 bzw. 11,7 Pf). Licht und Kraft werden durch denselben Zähler gemessen, indem der Lichtstrom beide, der Kraftstrom nur eine Meßspule durchläuft. Die Münzzähleranlagen haben sich in Amsterdam bereits sehr gut eingeführt und auch das Werk ist von dem finanziellen Erfolg durchaus befriedigt. — Gruber[24]) mißt bei der Versorgung der Kleinwohnungen mit elektrischer Energie den Münzzählern sehr große Bedeutung zu, 1. weil dadurch die Einkassierungskosten verringert und 2. weil Differenzen mit den Stromabnehmern vermieden werden, indem dieselben den Betrag vorausbezahlen müssen. Gruber bespricht die Mängel der jetzigen Münzzähler und macht Vorschläge zur Verbesserung (Schalter bestehend aus einer Quecksilberröhre). In Lüdenscheid wurde die Erfahrung gemacht, daß Arbeiterwohnungen gleicher Zimmerzahl sehr verschiedenen Stromverbrauch aufweisen. Stromverbrauch wurde hauptsächlich durch die Bügeleisen verursacht. Gruber schlägt einen Tarif vor, der diesem Umstande Rechnung trägt.

Ziegenberg[25]) vergleicht die in den elektrischen Straßenbahnwagen zur Kontrolle des Stromverbrauches benutzten Zähler (von denen er einige Konstruktionen beschreibt). Die Zeitzähler sind einfach und billig und haben in vielen Straßenbahnbetrieben zur Verminderung des Stromverbrauches um 5 bis 10% geführt. Sie gestatten jedoch nicht, den tatsächlichen Stromverbrauch zu messen und lassen daher einen sicheren Schluß auf sparsamen Stromverbrauch nicht zu. Sie verleiten sogar zu überschnellem Anfahren, so daß Strom verschwendet und das Material unzulässig beansprucht wird. Eine wesentlich bessere Kontrolle des Fahrpersonals ermöglicht der Amperestundenzähler, und es wird die Einführung dieser in den Bahnbetrieb empfohlen. Den Wattstundenzähler hält Ziegenberg für zu teuer, auch glaubt er, daß seine Genauigkeit bald nachlassen, auch durch die Streufelder der Motoren beeinträchtigt wird. Er empfiehlt ihn daher nur zur periodischen Feststellung des genauen Stromverbrauchs der Motorwagen unter besonderen Vorsichtsmaßregeln.

Lindemann[26]) erinnert daran, daß Zeitzähler als Vergütungszähler zur Schädigung des Elektrizitätswerkes führen, falls es dem Konsumenten möglich ist, sie bei geringerer Stromentnahme, als sie dem zugehörigen Apparat entspricht, in Gang zu setzen. Sie müssen daher mit den Apparaten, zu denen sie gehören, untrennbar verbunden sein. — Schmidt Harms[27]) und Laudien[28]) beschreiben Strombegrenzer, deren Empfindlichkeit durch eine Uhr zu verschiedenen Tageszeiten verschieden eingestellt wird. Ersterer bespricht die bekannte Tatsache, daß Pauschalabnehmer den Strom wesentlich teuerer bezahlen müssen als Zählerabnehmer.

[1]) V. L. Hollister, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 1217. — [2]) H. W. L. Brückmann, El. Masch.-Bau 1915, S 553. — [3]) W. H. Pratt, Gen. El. Rev. 1915, S 277. — [4]) K. Loß, El. Masch.-Bau 1915, S 402. — [5]) F. R. Innes, Helios Fachz. 1915, S 388. — [6]) S. Evershed, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 303. — [7]) B. E. Miller, El. World Bd 66, S 636. — [8]) ETZ 1915, S 372. — [9]) ETZ 1915, S 526. — [10]) R. Walther u. Fr. Schmidt, ETZ 1915, S 658. — [11]) ETZ 1915, S 358. — [12]) Edelmann, ETZ 1915, S 372. — [13]) ETZ 1915, S 510. — [14]) ETZ 1915, S 18. — [15]) ETZ 1915, S 78. — [16]) ETZ 1915, S 126. — [17]) ETZ 1915, S 173. — [18]) ETZ 1915, S 498. — [19]) ETZ 1915, S 625. — [20]) ETZ 1915, S 484. — [21]) El. Kraftbetr. 1915, S 118. — [22]) A. A. Radtke, El. World Bd 65, S 395. — [23]) H. Cahen, ETZ 1915, S 330. — [24]) Th. Gruber, Helios Fachz. 1915, S 405, 413. — [25]) R. Ziegenberg, Helios Fachz. 1915, S 461, 472. — [26]) G. Lindemann, El. Anz. 1915, S 400. — [27]) Schmidt-Harms, ETZ 1915, S 245. — [28]) K. Laudien, ETZ 1915, S 378.

## Elektrische Messungen und Meßverfahren, Hilfsmittel für Messungen.

Von Prof. Dr. Herbert Hausrath.

**Leitfähigkeit.** Eine Untersuchung des elektrischen Widerstandes von reinem Eisen als Funktion der Temperatur oberhalb 0° C wurde von Burgeß und Kellberg[1]) im Bureau of Standards ausgeführt. Studien von Schwarzkopf[2]) über Flüssigkeitswiderstände hoher Ohmzahl ergeben, daß wenig Aussicht besteht, reproduzierbare und haltbare Widerstände dieser Art herzustellen.

**Widerstandsmessung mit Gleichstrom.** Rayner[3]) gibt eine Darstellung praktischer Gesichtspunkte, die bei Präzisionsmessungen mit Gleichstrom-Brückenanordnungen zu beachten sind, wobei besonders der Einfluß der Stromerwärmung berücksichtigt wird. Für den Vergleich von Normalwiderständen kleiner Größe mit nicht größerem Verhältnis als 1 : 25 werden als Verzweigungswiderstände zwei Reihen von je 25 Stufen zu 20 $\Omega$ vorgeschlagen, in deren äußerste die Verbindungsleitungen einjustiert sind.

Hoxie[4]) stellte sich die Aufgabe, den Vergleich von Widerstandsnormalen im Verhältnis von 1 : 10 mit gleicher Genauigkeit durchzuführen, wie sie beim Verhältnis 1 : 1 durch Vertauschung der Widerstände in den beiden andern Brückenzweigen und Mittelnahme der beiden Meßresultate erreicht wird. Er stellt 7 Dosenwiderstände so zusammen, daß in der Mitte ein kleinerer und beiderseits drei vom dreifachen Wert stehen: 3331333. Schaltet er die drei ersten und den mittleren in Reihe, die anderen parallel, so erhält er das Widerstandsverhältnis 10 : 1. Durch Umlegen von Verbindungsbügeln kann die Schaltung umgekehrt und das Galvanometer auf die andere Seite der mittleren Dose gelegt werden, wodurch sich das Widerstandsverhältnis in 1 : 10 vertauscht, während die Dosen selbst, abgesehen von der kleinen mittleren, in ihrem Brückenzweig verbleiben. Die kleine Dose kann ihrerseits mit der einen oder anderen Gruppe der drei parallel geschalteten Dosen im Verhältnis 1 : 1 unter Vertauschung verglichen werden. Es ist also der Vergleich der beiden Normalwiderstände mit dieser Vorrichtung auf Grundlage völliger Vertauschbarkeit durchführbar.

Ondracek[5]) will eine der Wheatstoneschen Brücke weit überlegene Nullmethode zur Messung sehr großer Widerstände dadurch gewinnen, daß er in die Brücke zwei verschiedene Stromquellen einführt. Im Ergebnis steht dann deren Verhältnis, das durch Ausschlagsmessungen bestimmt werden muß. Will man aber einen Kompensationsapparat mit Spannungsteiler zur Messung höherer Spannungen anwenden, so kann hiermit die Messung eines sehr hohen Widerstandes einfacher und direkter erfolgen als auf dem Umweg über die vorgeschlagene Schaltung.

Wenner und Weibel[6]) veröffentlichen in Ergänzung eines früheren Verfahrens von Wenner (JB 1913, S 197) zur Reduktion der Fehler in der Thomsonschen Brücke infolge nicht vernachlässigbarer Verbindungswiderstände in den beiden Verhältniszweigen zwei neue, besonders für Messung extrem kleiner Widerstände empfohlene Verfahren, bei denen eine Umschaltung in die einfache Brücke vermieden wird. Die neuen Methoden beruhen darauf, daß in den Zuleitungen zu den beiden Verzweigungswiderständen eine Widerstandsabgleichung vorgenommen wird, die das Verhältnis ihrer Zuleitungswiderstände gleich dem der Verzweigungsrheostaten selbst macht. Beim ersten Verfahren geschieht diese Abgleichung unter Überbrückung dieser Rheostaten, beim zweiten durch Umlegen der Stromquelle auf deren Anschlußklemmen zuerst in der einen, dann in der anderen Verzweigung. Der Einfluß der Ausbreitungswiderstände an den Abzweigungen der zu vergleichenden, sehr kleinen Widerstände ist natürlich — im Gegensatz zur Differentialmethode mit übergreifendem Nebenschluß — auch durch diese Abgleichungen prinzipiell nicht zu beseitigen.

**Kompensatoren.** In einer zweiten Veröffentlichung geben die gleichen Verfasser[7]) genaue Anleitungen zur Eichung von Kompensationsapparaten (Potentiometer). Sie schlagen eine geeignete Formel vor, in die bei jeder Einstellung die zugehörigen Korrektionen einzusetzen sind, um die gesuchte Spannung aus der bekannten Spannung des Normalelements zu erhalten. Ferner beschreiben sie einen Apparat, der besonders für die Eichung von Kompensatoren im B. of St. bestimmt ist.

In einer Folge umfangreicher Aufsätze erörtert White[8]) die Vor- und Nachteile der von Dießelhorst, Waidner und Wolff (B. of St.), Wenner sowie Hausrath angegebenen Dekadenkonstruktionen für thermokraftfreie Kompensationsapparate nach dem von Hausrath angegebenen Kompensationsprinzip und die zweckmäßigste Reihenfolge bei ihrer Zusammenstellung für die einzelnen Dezimalstellen. Bei seinen eigenen Konstruktionen schlägt White zwei verschiedene Wege ein. Mit dem einen der von ihm beschriebenen Apparate folgt er einem früheren Vorschlag Hausraths, indem er zwei von getrennten Stromquellen gespeiste Kompensatoren von je zwei Dekaden kombiniert, von denen jedoch nur der niedere thermokraftfreie Schaltung, der andere normale Enddekaden besitzt. Bei seinem zweiten Apparat verwendet er das Stromverzweigungsprinzip mit zwei Wenner-Dekaden als Innendekaden und wieder normalen Enddekaden. In beiden Apparaten ist der Thermoeffekt der Enddekaden durch eine eigenartige Konstruktion der Kontaktklötze und Gleitbürsten soweit beseitigt, daß er bei Messungen auf etwa 0,1 $\mu V$ höchstens geringe Unbequemlichkeiten verursachen soll. — Um die Bedingung konstanten Schließungswiderstands des Galvanometers möglichst zu erfüllen, muß White an jeder Stufe dieser Enddekaden einen Ergänzungswiderstand anfügen. Beide Whiteschen Neukonstruktionen sind derartig ausgebildet, daß ein Apparat gleichzeitig für zwei Messungen, z. B. thermoelektrische Temperaturmessung eines Schmelzguts und des Schmelzofens benützt werden kann. Die geradgeführten, doppelt vorhandenen Kontaktorgane sind hierzu an einem Rahmen befestigt, durch dessen seitliche Verschiebung das eine oder andere zum Eingriff gebracht wird. Wertvoll ist noch die Beschreibung eines praktisch thermokraftfreien Steckkontakts, der auch als Gleitkontakt ausgebildet werden kann.

**Isolationsmesser.** Nur etwa das doppelte Volumen einer Taschenlampe besitzt ein Isolationsprüfer von Gebr. Ruhstrat[9]) mit Nadelgalvanoskop und Taschenlampenbatterie.

Lonkhuyzen[10]) beschreibt eine von S & H ausgeführte zweckmäßige Ausbildung der Ohmmeter mit zwei Drehspulen, von denen die eine sich in zunehmendem, die andere in abnehmendem oder gleichförmigem Feld bewegt und deren Einstellung deshalb bei Abwesenheit mechanischer Direktionskräfte in einer vom Verhältnis der Ströme in beiden abhängigen Gleichgewichtslage erfolgt. Dieses „Logometer-“ oder „Quotientenprinzip“ wird nun derartig angewandt, daß der Strom der einen Spule von der Spannung am zu messenden Widerstand abhängt, während die andere Spule nicht nur in Reihe, sondern auch parallel zum Widerstand geschaltet werden kann. In Reihenschaltung lassen sich Isolationsmessungen bis zu 100 M$\Omega$, in Nebenschaltung Widerstandsmessungen bis zu 5000 $\Omega$ durchführen, wobei Erdungswiderstände in der Größenordnung von 10, 100 oder 1000 $\Omega$ noch genau gemessen werden können. Der zugehörige Kurbelinduktor unterscheidet sich von den sonst üblichen vorteilhaft durch die Form der Spannungskurve, die nur eine geringe, dem Scheitelfaktor 1,3 entsprechende, annähernd sinusförmige Wechselstromkomponente von 150 Per/s bei drei Kurbelumdrehungen/s besitzt. Infolgedessen hält sich die Art der dielektrischen Beanspruchung etwa in der Mitte zwischen der bei Gleichstrom und Wechselstrom und die Stromschwankungen können auch bei hoher Kapazität des Netzes keine Vibration des Zeigers verursachen.

**Dielektrika.** Richardson[11]) teilte experimentelle Untersuchungen über die Eigenschaften von Dielektrika mit.

Zur Bestätigung der v. Schweidler-Wagnerschen Theorie der unvollkommenen Dielektriken wurden von Tank[12]) Messungen ausgeführt über die Kondensatorverluste bei nicht hohen Spannungen und Frequenzen und über die hiermit in Beziehung zu setzenden anomalen Erscheinungen der Leitung (Abweichungen vom Ohmschen Gesetz) und Ladung (Nachladung, Rückstandsbildung). Für die erstgenannte Wechselstrommessung und für die Messung der Ladung wurden weiter unten zu erwähnende Verfahren angewendet. — Ein Transformator der Maschinenfabrik Oerlikon[13]) zur Prüfung von Kabeln und Prozellanisolatoren für 500000 V bei 1600 mm Funkenlänge ist als vielleicht leistungsfähigster bisher gebauter Prüftransformator bemerkenswert; vgl. S 50.

**Kapazitäten und elektrostatische Messungen.** Shook[14]) bringt die Herleitung der Randkorrektion für die Kapazität des Dreiplattenkondensators, die früher von Grüneisen und Grube anläßlich der Verwendung dieses Kondensators zur Bestimmung von Dielektrizitätskonstanten (JB 1912, S 178) unter Vorbehalt späterer Veröffentlichung des Beweises mitgeteilt war.

Sumec[15]) wendet sich gegen das in den „Vorschlägen für die Definition der elektrischen Eigenschaften gestreckter Leiter" vorgeschriebene umständliche Maxwellsche Verfahren zur Bestimmung der Koeffizienten $c_{\mu r}$. Er schlägt dagegen vor, das von Lichtenstein für die ballistische Messung der Teilkapazitäten angegebene und von Hausrath auf die Messung sämtlicher Leitungskonstanten ausgedehnte Verfahren zu verwenden, bei dem die Teilkoeffizienten unmittelbar erhalten werden. Die Kapazitätsgrößen werden so auf die positiven Teilkapazitäten des Ersatzschemas zurückgeführt, aus denen sich die Betriebskapazitäten ebenso wie die Kombinationswiderstände in Gleichstromsystemen berechnen lassen.

Mache[16]) beschreibt ein Verfahren zur Bestimmung einer sehr kleinen Kapazität, das auch bei stärkerer elektrischer Zerstreuung zwischen den Belegungen anwendbar ist. — Harms[17]) gibt eine neue Kompensationsmethode zur elektrometrischen Messung kleiner Elektrizitätsmengen an, die ebenso bequem ist wie die mit „Piezoquarz", aber mit üblichen Laboratoriumsinstrumenten auskommt und sich auf größeren Meßbereich ausdehnen läßt.

Zur Messung der momentanen Ladung eines Kondensators benützt Tank[12]) den Pendelunterbrecher, indem er durch diesen die Ladung nicht wie üblich direkt, sondern über einen Hilfskondensator von viel größerer Kapazität erfolgen läßt. Die Spannung, die im Moment der Unterbrechung an letzterem besteht, ist ein Maß der durchgegangenen Ladung. Sie wird durch den gleichzeitig auftretenden ballistischen Ausschlag eines dem Hilfskondensator parallel geschalteten Elektrometers gemessen.

**Induktivitäten.** Butterworth[18]) zeigt, daß die bekannten Formeln für Selbstinduktionsspulen von beträchtlicher Wicklungstiefe (in axialer Richtung) wie die von Rosa und Cohen ungenau sind, indem der Fehler für die beste Formel bei einer Wicklungstiefe von 0,1 × Spulendurchmesser 0,2% übersteigt. Für größere Wicklungstiefe ist er größer. Die Ungenauigkeit in der Formel von Rosa rührt von der Vernachlässigung der Krümmung bei der Korrektion der Drahtdicke, die der Formel von Cohen von dem angewendeten Annäherungsverfahren. Butterworth entwickelt genauere Formeln für Spulen, deren Länge größer als der doppelte Durchmesser und deren Wicklungstiefe kleiner als 0,1 × Durchmesser; sie geben eine Genauigkeit auf acht Stellen. Ferner werden vereinfachte Formeln für eine Genauigkeit auf vier Stellen mitgeteilt. — In einer weiteren Abhandlung leitet Butterworth[19]) Formeln für die Selbst- und gegenseitige Induktion koaxialer Spulen für den Fall ab, daß das Verhältnis vom inneren zum äußeren Durchmesser kleiner als 0,8 und das von Spulenlänge zum äußeren Durchmesser größer als 0,2 ist. — Zur Berechnung der Induktivität von Flachspulen, wie sie als Schutzdrosselspulen gegen Überspannung verwendet werden, hat Spielrein[20]) die einfache Formel abgeleitet: $L = n^2 A \cdot f(\alpha)$, wo $n$ die Windungszahl, $2A$ der äußere Spulendurchmesser und $\alpha$ das Verhältnis des inneren zum äußeren. Der Wert von $f(\alpha)$ ist einer Ta-

belle zu entnehmen. Für Spulenformen, wie sie zum Überspannungsschutz praktisch verwendet werden, gibt die Formel gegenüber den genaueren von Stefan und Esau einen Unterschied von 1 bis 3%, für vollgewickelte Spulen ist sie mindestens mit gleicher Genauigkeit wie diese anwendbar.

Für die Selbstinduktion einlagiger Spulen hatte Nagaoka die Annäherungsformel gegeben: $L = \pi^2 D n^2 l \varkappa$ ($D$ = mittlerer Durchmesser, $n$ = Windungszahl auf 1 cm Spulenlänge $l$). Coursey[21]) veröffentlicht nun eine nützliche Kurventafel, aus der der Korrektionsfaktor $\varkappa$ als Funktion von $l/D$ der Spule für $l/D = 0{,}0001$ bis 50 zu entnehmen ist. Eine weitere Kurventafel dient zur Bestimmung der Konstruktionsdaten für Spulen von gewünschtem $L$.

Shawcross und Wells[22]) untersuchen, in welcher Weise die Selbstinduktion einer Spule von rechteckigem Wicklungsquerschnitt mit gegebener Drahtlänge und Drahtdicke vom Verhältnis $V$ des mittleren Spulendurchmessers zur Spulenlänge abhängt. Das Selbstinduktionsmaximum ist, nach der Rosaschen Methode berechnet, für $v = 1$ (quadratischer Querschnitt) 1,44mal so groß wie für $v = 10$ und rückt dabei vom Verhältnis $V = 3{,}7$ auf $V = 2{,}2$. — Nach Russel[23]) hat die Selbstinduktion einer einlagigen zylindrischen Spule mit sich berührenden Windungen, nach der Lorentzschen Formel berechnet, ein Maximum, wenn das Verhältnis Durchmesser zu Höhe der Spule gleich 2,4525. Für diesen Fall vereinfacht sich die Lorentzsche Formel zu dem Ausdruck: $L_{max} = 1{,}32244 \cdot (l^{3/2}/d^{1/2}) \cdot 10^{-9}\, H$, wo $l$ die Drahtlänge und $d$ der Drahtdurchmesser mit Isolation. Für eine Spule von kreisförmigem Querschnitt wird nach der hierfür geltenden Rayleighschen Formel die Selbstinduktion ein Maximum für das Verhältnis von mittlerem Spulendurchmesser zu Wicklungsdurchmesser gleich 2,575. In diesem Fall nimmt die Rayleighsche Formel die Form an $L_{max} = 5{,}35 \pi N^2 r \cdot 10^{-9}\, H$, wo $N$ die Windungszahl, $r$ der mittlere Spulenradius. — Coursey[24]) bespricht den allgemeinen Fall einlagiger Zylinderspulen, daß deren Windungen sich nicht berühren. Für diese ergibt sich die Selbstinduktion aus der Formel $L = \sqrt{\pi n_1 l^3 \frac{\varkappa}{\sqrt{d/D}}}$, wo $n_1$ die Windungszahl auf 1 cm Spulenlänge, $D$ Spulendurchmesser und $\varkappa$ ein aus Bull. Bur. of St. Bd 8, S 224 zu entnehmender Wert. Hiernach ist die Selbstinduktion für eine solche Spule von gegebener Drahtlänge und Ganghöhe ein Maximum, wenn das Verhältnis von Durchmesser zu Höhe gleich 2,415. — Chireix[25]) behandelt einlagige Ringspulen von rechteckigem Wicklungsquerschnitt. Das Selbstinduktionsmaximum tritt nach seiner Rechnung ein, wenn das Verhältnis von innerem zu äußerem Wicklungsdurchmesser gleich 0,6 ist. Ähnlich wird der Fall behandelt, daß mehrere Ringspulen ohne Zwischenraum ineinander gesteckt sind. — Grover[26]) berechnet die kritische Entfernung der beiden Stromkreise einer Stromwage, für die das Maximum der ponderomotorischen Kraft eintritt, woraus sich dann mittels bekannter Formeln auch die zwischen ihnen ausgeübte Kraft selbst ergibt. — Campbell[27]) berechnet das Neumannsche Integral für die gegenseitige Induktivität von zwei geraden Drähten von irgendwelcher Länge und gegenseitiger Lage. Außer der allgemeinen Formel, deren Auswertung mittels eines von Campbell gezeichneten Diagramms graphisch gefunden werden kann, werden auch die Formeln für die wichtigsten Sonderfälle angegeben.

**Wechselstromwiderstand von Spulen.** Oseen[28]) ist es gelungen, die Berechnung des Wechselstromwiderstandes von Massivdrahtspulen, die Lenz nach der Sommerfeldschen Methode für lange Spulen ausgeführt hatte, auf kurze Spulen auszudehnen. Nachdem schon früher durch Möller (JB 1914, S 208) die Berechnung des effektiven Widerstandes von Litzenspulen auf breiter Grundlage durchgeführt war, zeigt Rogowski[29]), daß der Wechselstromwiderstand von langen, aus ideal verdrillten Litzen hergestellten Spulen ebenfalls genügend genau aus den Sommerfeldschen Formeln für mehrlagige Massivdrahtspulen berechnet werden kann. Dabei ist die magnetische Rückwirkung der induzierten Wirbelströmung nicht wie bei den Rechnungen von M. Wien und von Lindemann vernachlässigt. Die Formeln gestatten für irgendeine

Litze die kritische Frequenz zu berechnen, bei der eine aus ihr gefertigte einlagige Spule den gleichen Wechselstromwiderstand wie eine Massivdrahtspule von gleichem Kupferquerschnitt besitzt. Weiterhin läßt sich auch der früher für Nutenspulen gewonnene Ausdruck $1{,}3/\sqrt[4]{z}$ zur Berechnung der reduzierten Drahtdicke anwenden, die bei gegebener Zahl $z$ der in der Litze enthaltenen Einzeldrähte dem Widerstandsminimum der Spule zugehört. Obgleich die Formeln streng genommen nur für die Berechnung des Wechselstromwiderstandes von langen Spulen gültig sein können, ergab ein Vergleich[30]) mit Messungen, die früher von Meißner an langen Spulen verschiedener Form ausgeführt worden waren, daß sich ihre Gültigkeit praktisch auch auf solche erstreckt.

**Phasenfehler von Widerständen.** Von K. W. Wagner[31]) wird über weitere Ausführungsformen von Widerständen mit sehr kleiner Zeitkonstante für Präzisionsmessungen mit hochfrequentem Wechselstrom und über ihre Messung berichtet. Während früher (JB 1913, S 198) die Chaperonschen Wicklungen, durch deren Reihenschaltung die größeren Stufen hergestellt wurden, auf je ein isoliertes Metallrohr aufgebracht waren, ist jetzt mit gutem Erfolg ein Träger aus Porzellan verwendet worden. Für 16 zwischen 0,1 und 3000 $\Omega$ liegende Widerstandsspulen wird in einer Tabelle die als beste befundene Konstruktion und ihre Zeitkonstante zusammengestellt. Die Zeitkonstante bleibt für Spulen von 20 bis 1000 $\Omega$ unter dem absoluten Betrag von $0{,}7 \cdot 10^{-8}$ s, und erreicht nur beim Widerstandswert 0,1 $\Omega$ den Wert $+ 9{,}0 \cdot 10^{-8}$ s. Bei der Zusammensetzung dieser Widerstandsstufen zu Rheostatensätzen für hochfrequenten Wechselstrom ergibt sich, daß die Kapazität der Anschlußstücke und der Spulen gegen Erde, hauptsächlich aber, infolge des üblichen engen Zusammenbaues der Spulen, ihre gegenseitige Kapazität stets einen natürlich negativen Wert der Zeitkonstante verursachen, der erheblich größer ist, als der der nackten Spulen. Es müßten also auch für Satzanordnungen Neukonstruktionen mit erheblich geringeren Kapazitäten geschaffen werden.

Das Bedürfnis, die durch die Kapazitäten, insbesondere die der Klemmen, in den Rheostaten auftretenden Fehlerquellen rechnerisch zu erfassen, gab Wagner[32]) den Anlaß, das allgemeine Problem eines derartigen elektrischen Systems, d. h. eines Kettenleiters zu behandeln. Neben der theoretischen Kontrolle der obengenannten Messungen ergab diese Untersuchung zum erstenmal eine Anleitung zur Berechnung des Scheinwiderstandes und Phasenfehlers selbst kompliziert zusammengesetzter Sätze von Widerständen mit bekannter Zeitkonstante unter Berücksichtigung der Teilkapazitäten und Erdkapazitäten der Klemmen. Da der Scheinwiderstand eines Widerstandssatzes wegen der Erdkapazitäten von der Verteilung der Spannung gegen Erde abhängt, wurde untersucht, welcher Punkt einer den Satz enthaltenden Brückenanordnung auf Erdpotential gebracht werden muß, damit das von den Erdkapazitäten herrührende Korrektionsglied des Widerstandes am kleinsten wird. Es zeigt sich, daß bei dem schon früher, aus anderen Gründen, empfohlenen Verfahren, mittels eines der Brücke nebengeschalteten Hilfszweiges den Telephonzweig auf Erdpotential zu bringen, die Änderung der Zeitkonstante dem Betrag nach nur halb so groß ausfällt, als wenn der Punkt zwischen Rheostaten und Stromquelle geerdet wird. Schon winzige Erdkapazitäten können hierbei beträchtliche Phasenabweichungen verursachen. Der Fehler ist von der Größenordnung des dielektrischen Verlustwinkels vieler Stoffe.

Zu anderen Zwecken als Wagner, nämlich zur Herstellung eines Spannungsteilers für Hochspannung beschäftigt sich Hiecke[33]) mit der — allerdings schon durch Orlich (JB 1912, S 175) in strengerer Form erledigten — Theorie und Konstruktion von Widerstandssätzen mit kompensiertem Phasenfehler. Zur Beseitigung dieses Fehlers macht er den für geringere Ansprüche wohl beachtenswerten Vorschlag, die in genügender Zahl in Reihe zu schaltenden Einzelwiderstände in je einen Kasten einzusetzen, und die Hüllen dieser Kästen an entsprechende Potentialanschlüsse eines Hilfstransformators anzulegen.

Von Wenner, Weibel und Silsbee[34]) werden zur Messung der Induktivität von Starkstrom-Normalwiderständen kleinen Betrags zwei Methoden angegeben. Die eine, bei der die Summe der Zeitkonstanten von zwei solchen Widerständen erhalten wird, ist wohl in der Ausführung zu kompliziert, um sich einbürgern zu können, aber bemerkenswert als wohl die erste bisher bekannte Methode, die solche Messungen ohne Zurückführung auf entsprechende Widerstände mit einer aus der Form berechenbaren Induktivität auszuführen gestattet. Die zweite Methode setzt voraus, daß der zu messende Normalwiderstand einen sehr hohen Temperaturkoeffizienten hat, also z. B. aus Kupfer besteht.

**Messung effektiver Wechselstromkoeffizienten.** Eine Ausschlagsmeßmethode zur Bestimmung von Kondensatorverlusten bei nicht hoher Spannung und technischer Frequenz wurde von Tank[12]) mittels eines Eisenschluß-Spiegeldynamometers durchgeführt. Wird dessen Drehspule vom Kondensatorstrom durchflossen und das Feld im Luftspalt des Instruments in gleiche Phase mit der Kondensatorspannung gebracht, so ist der Ausschlag proportional der Leistungsaufnahme des Kondensators. Dies würde bei Abwesenheit von Eisen im Instrument dadurch erreicht werden, daß der Strom in der festen Spule des Instruments durch eine vorgeschaltete Kapazität in Resonanz gebracht wird. Die Phasenverschiebung zwischen Feld und Erregerstrom erfordert aber eine kleine Abweichung von der Resonanz, die durch Vertauschung des Verlustkondensators mit einem Luftkondensator und Einregulieren des Resonanzkreises auf verschwindenden Dynamometerausschlag hergestellt wird. Einwandfrei ist dieses Verfahren wegen der Änderung der Schwingungsphase bei kleiner Verstimmung der aufgedrückten Kraft nur bei viel kleineren Frequenzschwankungen, als in den Netzen vorzukommen pflegen.

Wechselstrom-Nullmethoden sind wieder der Gegenstand zahlreicher Arbeiten. — Nernst[35]) beschreibt ein Instrumentarium, das die Demonstration von Wechselstrommessungen in der Brücke vor großem Auditorium gestattet. — Wilke[36]) empfiehlt, zur Messung von sehr großen elektrolytischen Widerständen und deren Kapazitäten nach der Brückenmethode als Stromquelle eine Hochfrequenzmaschine besonderer Bauart und als Nullinstrument ein Galvanometer mit synchron rotierendem Kommutator zu verwenden. — Das früher (JB 1912, S 179) mitgeteilte Substitutionsverfahren zur Messung an Präzisionswiderständen für hochfrequenten Wechselstrom wurde durch K. W. Wagner[31]) weiter ausgearbeitet mit dem Erfolg, daß nun bei erheblicher Vereinfachung des Aufbaues der Meßanordnung gegen früher bequem eine Genauigkeit von $0{,}01 \cdot 10^{-8}$ s für die Zeitkonstante, d. h. von 0,13 Bogensekunden für den Phasenwinkel bei 1000 Per/s erreicht wird. Für Widerstände unter 100 $\Omega$ wird eine Widerstandsbrücke, über 100 $\Omega$ eine Kondensatorbrücke empfohlen.

Eine von Owen[37]) angegebene Brückenmethode zum Vergleich von Kapazität und Selbstinduktion enthält in Zweig 1 einen Widerstand $r_1$, in 2 die Selbstinduktion $L$ mit Widerstand $r_2$, in 3 die zu vergleichende Kapazität $C_3$, in 4 die Kapazität $C_4$ in Reihe mit Widerstand $r_4$. Die Abgleichungsbedingungen sind: $C_3 r_1 = C_4 r_2$ und $L = C_3 r_1 r_4$. Zur Elimination der Selbstinduktion der Verbindungsleitungen in 2 wird $L$ entfernt und in 4 neu abgeglichen. Ist $r_4'$ der neue Wert von $r_4$, so gilt: $L = C_3 r_1 (r_4 - r_4')$. Die Theorie der Owenschen Methode ist noch nicht zugänglich. Ebenso fehlen noch die Unterlagen für eine von Campbell[38]) angegebene Methode zum Vergleich von Kapazität und Selbstinduktion.

Die Bedeutung des komplexen Kompensationsverfahrens für die Bestimmung der elektrischen Größen von Apparaten unter den Bedingungen ihres Betriebszustandes wird immer mehr gewürdigt. Eine äußerst praktische Ausbildung hat dieses Verfahren (schon 1914) durch Schering und Alberti[39]) erfahren. Sie kamen hiermit einem vom VDE an die Reichsanstalt gerichteten Ersuchen nach, neue Methoden zur Prüfung von Meßwandlern auszu-

arbeiten, die hinsichtlich der Apparatur, der Ausführung der Messung und der Ausrechnung möglichst einfach sein sollten, indem sie zunächst einen für die Messung des Übersetzungsverhältnisses und der Phasenabweichung an Stromwandlern bestimmten Wechselstrom-Kompensationsapparat ausarbeiteten, der die gestellten Forderungen in denkbar vollkommenster Weise befriedigt. Im Primär- sowie im Sekundärkreis des Stromtransformators, der durch den betriebsmäßigen Widerstand geschlossen ist, wird je ein Normalwiderstand $R_1$ bzw. $R_2$ eingeschaltet. An ersterem ist der Stromkreis der Kompensationseinrichtung vom Gesamtwiderstand $R$ angeschaltet, während letzterer über ein Vibrationsgalvanometer an den variabeln Bruchteil $r$ von $R$ angelegt wird. Bis auf vernachlässigbare Korrektionen ist dann das Übersetzungsverhältnis $\ddot{U} = \frac{R_2 R}{R_1 r}$. Anderseits wird die kleine Phasenvoreilung des Sekundärstromes gegen den Primärstrom, die zunächst einen nicht kompensierten Galvanometerausschlag übrig läßt, durch eine entsprechende Voreilung ausgeglichen, die dem Strom im Kompensationswiderstand gegen die Spannung an $R_1$ mittels eines Kurbel-Glimmerkondensators gegeben wird. Für den Fall einer Phasennacheilung wird eine Selbstinduktion in $R$ eingeschaltet und die durch diese bewirkte Phasennacheilung von 50′ von der Ablesung am Kondensator abgezogen. Steht ein in der Abhandlung empfohlener Satz von Starkstrommeßwiderständen zur Verfügung, der allen üblichen Übersetzungsverhältnissen angepaßt ist, so braucht der Kompensationswiderstand $r$ nicht durch eine mehrdekadige Feußnersche Anordnung dargestellt zu werden, sondern es genügt statt dessen ein einziger fester Widerstand und Meßdraht mit Schleifkontakt. Der bis ins einzelne sorgfältig durchgebildete Apparat wird von S & H und H & B geliefert.

Der Drysdalesche[40]) Wechselstromkompensator ist schon in 20 Exemplaren in verschiedenen englischen Laboratorien eingeführt worden. Er besteht bekanntlich aus einem Phasentransformator, der an das Netz oder die Stromquelle des zu untersuchenden elektrischen Systems angeschaltet wird und einen einfachen Kompensationsapparat speist. An diesem werden mittels Vibrationsgalvanometer als Nullinstrument Ströme und Spannungen beliebiger Größe nach dem Prinzip der Kompensationsmethode gemessen. Ihr Phasenwinkel ergibt sich auf Grund der Eichung des Phasenschiebers. (Dieses Verfahren kann übrigens als eine mit üblichen Laboratoriumsmitteln durchführbare Modifikation der Frankeschen Methode mit Doppelankermaschine betrachtet werden.) Drysdale diskutiert nun die infolge der vom Resonanzinstrument nicht berücksichtigten Harmonischen entstehende Abweichung zwischen den vom Wechselstromkompensator gemessenen Werten und den Effektivwerten. Aus den aufgestellten Beziehungen ergibt sich, daß — sinusförmiger Strom im Kompensator vorausgesetzt — z. B. eine Harmonische von 14% oder zwei von 10% des zu messenden Effektivwertes einen Fehler von 1% bewirken. Ein Fehler von 1‰ entsteht durch eine Harmonische von 4,5%. — Zum Beleg der praktischen Verwendbarkeit werden Prüfungsatteste des N. P. L. und eigene Vergleichsmessungen mit bekannten Laboratoriumsinstrumenten für Wechselstrom von 50 bis 1200 Per/s mitgeteilt. — Ähnlich dem beschriebenen ist ein von Wenner[41]) zur Messung von Erdwiderständen vorgeschlagenes Verfahren. Hierbei wird statt des Phasentransformators ein gewöhnlicher Einphasentransformator benutzt, der die Spannung der Stromquelle herabtransformiert, so daß sekundär ein Meßdraht angeschlossen werden kann. Um Phasengleichheit der Spannung am Meßdraht mit der am zu messenden Widerstand herzustellen, genügt in diesem Fall, in Reihe mit dem Erdwiderstand eine variable Drosselspule einzuschalten, deren Induktivität nicht bekannt zu sein braucht. Indem vier Erdelektroden verwendet werden, von denen die beiden äußeren zur Stromzuleitung, die beiden inneren als Potentialklemmen dienen, läßt sich aus dem so gemessenen Widerstand das Leitvermögen des Erdreichs praktisch genügend genau berechnen.

Brooks[42]) beschreibt eine praktische Abänderung der Drysdaleschen Methode zur Messung des Übersetzungsverhältnisses eines Spannungstransformators, für die außer einem Normaltransformator von gleichem Übersetzungsverhältnis nur noch ein Wattmeter benötigt wird.

Hiecke[33]) gibt eine ausführliche Anleitung zur praktischen Ausführung der im Prinzip schon bekannten (vgl. Orlich, Helios 1912) Methode zur Bestimmung von Übersetzungsverhältnis und Phasenabweichung bei Spannungstransformatoren, die auf der Anwendung zweier um 90° phasenverschobener Hilfsspannungen beruht.

Zur Messung des Verlustes oder Leistungsfaktors von Isoliermaterialien verwendet Minton[43]) charakteristische Kurven, die mittels der — von Ryan früher in ähnlicher Schaltung als „Zyklograph" bezeichneten — Braunschen Röhre aufgenommen werden. Aus dem Flächeninhalt der auf dem Fluoreszenzschirm dargestellten Ellipsen ergibt sich nach einer rechnerischen Korrektion der dielektrische Verlust. Die mannigfachen Vorsichtsmaßregeln, die bei quantitativen Aufnahmen mit der Braunschen Röhre zu beachten sind, lassen es allerdings zweifelhaft erscheinen, ob dieses Verfahren, dem prinzipielle Vorteile nicht abzusprechen sind, in weiteren Kreisen zur Anwendung kommen kann, zumal — was dem Verfasser entgangen zu sein scheint — die gleichen charakteristischen Kurven auch mittels des Doppeloszillographen nach einem von Hausrath angegebenen Verfahren erhalten werden können, durch das in entsprechender Weise der zyklische Verlust von eisenhaltigen Spulen erhalten wurde.

**Hilfsmittel für elektrische Messungen.** In zahlreichen Laboratorien sind seit neuerer Zeit künstliche Kabel eingeführt, die nach dem Vorgang K. W. Wagners zum Studium der Kabelerscheinungen benutzt werden. Ihre Theorie behandelt Wagner[32]) mittels der Methoden der linearen Differenzengleichungen in der schon genannten Abhandlung. Er bringt hier zum erstenmal für alle Arten von Kettenleitern, von denen die künstlichen Kabel einen Sonderfall darstellen, den allgemein gültigen Nachweis, daß diese denselben Gleichungen unterworfen sind wie das homogene Kabel. Er zeigt, wie aus den Konstanten der Kettenglieder in einfacher Weise die dem homogenen Kabel entsprechenden Größen ermittelt werden, die das Verhalten des Kettenleiters für Wechselstrom von gegebener Frequenz bestimmen. Ferner zeigt er, daß in einem Kettenleiter von $m$ Gliedern $m$ Eigenschwingungen auftreten können, deren Frequenzen durch die Konstanten der Kettenglieder bestimmt sind. — Magnusson, Gooderham und Rader[44]) beschreiben vier künstliche Kabel verschiedener Konstruktion, die in verschiedenen Hochschulen der Vereinigten Staaten aufgestellt sind. Das Kabel des Union College enthält als Kettenglieder 400 unifilare Kupferdrahtwicklungen auf einem innen mit Stanniol belegten Glaszylinder. Es besitzt also wie ein homogenes Kabel gleichförmig verteiltes $R$, $L$ und $C$. Die Kosten sind erheblich höher als die der anderen Modelle, deren Glieder aus Kombinationen von Spulen mit mindestens einem Widerstand und Kondensator bestehen. Eingehend beschrieben ist die künstliche 200-Meilenleitung der Universität Washington, deren 20 Glieder variable $R$, $L$ und $C$ besitzen. Die Variation von $R$ erfolgt durch einen bifilaren Widerstandsdraht mit verschiebbarer Brücke, die von $C$ durch neun in Reihe schaltbare Kondensatoren, die von $L$ durch vier in Reihe oder einzeln oder nur mit einem Teil einer Wicklung einschaltbare Spulen, von denen eine gegenüber den anderen verdreht werden kann. — Ricker[45]) verwendet das künstliche Kabel als Resonator zur Amplitudenerhöhung der einzelnen Harmonischen bei der Kurvenanalyse. Die wirksame Impedanz eines Kabels von $\frac{1}{4}$ Wellenlänge der Grundperiode einer angelegten Spannung ist nach seiner Rechnung bei Kurzschluß des Endes für eine niedere gerade Harmonische der 65. Teil derjenigen für eine niedere ungerade Harmonische, die Impedanz bei offenem Ende dagegen das 65-fache. Letzterer Umstand kann verwertet werden, um die geraden Harmonische einer Kurve zu vergrößern, ein Fall, der allerdings nur selten in Frage

kommt. Durch Teilung des Kabels derart, daß die Teile nacheinander ¼ Wellenlänge der einzelnen Oberschwingungen bilden, können diese natürlich einzeln hervorgehoben werden. Die Behauptung des Verfassers, daß dieses Verfahren vorteilhafter als andere sei, erscheint allerdings kaum gerechtfertigt, da die Amplitudenverstärkung in einem angelegten Kondensatorschwingungskreis von geeigneten Konstanten wegen der viel kleineren Dämpfung viel größer ausfällt und weil ein solcher leicht auf jede Oberschwingung einstellbar ist, während der Kettenleiter von endlicher Gliedzahl nach dem Ergebnis der Untersuchungen Wagners sich nur in eine beschränkte Zahl von Kabellängen teilen läßt, denen eine gleiche Zahl verfügbarer Viertelwellenlängen entspricht.

Clark[46]) beschreibt einen elektrostatischen Spannungsteiler, der besonders zur Kompensation des Ausschlags bei Elektrometermessungen mittels einer Hilfsspannung dienen soll. Der Apparat besteht aus zwei in Reihe geschalteten Drehkondensatoren nach dem Binantensystem, deren bewegliche Systeme gemeinsame Drehachse besitzen und deren Nullagen so versetzt sind, daß die Summe der beiden Kapazitäten konstant bleibt.

Für gewisse elektrostatische Untersuchungen ist ein Mittel erwünscht, um einen von einer Influenzmaschine geladenen isolierten Leiter auf konstantem Potential zu erhalten. De Haas[47]) führt diesem die zur Deckung des Ladungsverlustes nötige Ladung mittels eines geladenen Flämmchens zu. Durch besondere Maßnahmen gleichen sich hierbei Schwankungen der Elektrizitätsquelle weitgehend aus, und das Potential kann auf einem gewünschten Wert gehalten werden. Die Regulierung kann auch automatisch bewirkt werden.

**Anwendungen elektrischer Meßmethoden.** Gutton[48]) schlägt die (M. Wiensche) Induktionswage zur Auffindung von Granaten im Erdboden vor. — Ein auf bolometrischer Grundlage beruhender Anemoklinograph[49]) ist von S & H so ausgebildet worden, daß aus den von drei Oszillographenschleifen aufgezeichneten Kurven die Geschwindigkeit, Neigung und Richtung des Windes bestimmt werden kann.

Die Messung der Absorptionsgeschwindigkeit von Gasen in festen Körpern oder ähnlicher Vorgänge, die in einer abgeschlossenen Atmosphäre erfolgen muß, läßt sich selbstverständlich durch die übliche Gewichtsabgleichung nicht ausführen. Eine für solche Zwecke von Anderson[50]) angegebene und von Spindler u. Hoyer in Göttingen ausgeführte Analysenwage ist mit einem der Kelvinschen Stromwage nachgebildeten feinen Spulensystem versehen, mit dem die Gewichtsvermehrung auf der anderen Seite ausbalanciert wird. Die Stromstärke dient nach vorhergegangener Eichung als Maß der Gewichtsbelastung.

[1]) G. K. Burgeß u. J. N. Kellberg (Bur. Standards, Scient. Pap. Nr 236), El. World Bd 65, S 790. — [2]) E. Schwarzkopf, Dissertation, Göttingen 1915. — [3]) E. H. Rayner, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 286, 835. — [4]) C. A. Hoxie, Gen. El. Rev. 1915, S 915. — [5]) J. Ondracek, El. Masch.-Bau 1915, S 359. — [6]) F. Wenner u. E. Weibel, Bull. Bur. of Stand. Bd 11, S 65. — Electr. (Ldn.) Bd 74, S 17. — [7]) F. Wenner u. E. Weibel, Bull. Bur. Stand. Bd 11, S 1. — El. World Bd 64, S 1017. — [8]) Walter P. White, Z. Instrk. 1914, S 71, 107, 142. — [9]) ETZ 1915, S 458. — Helios Fachz. 1915, S 335. — [10]) van Lonkhuyzen, ETZ 1915, S 478. — [11]) Spencer W. Richardson, Proc. Roy. Soc. Ldn. (A) Bd 92, S 41. — [12]) Franz Tank, Ann. Phys. R 4, Bd 48, S 307. — [13]) Electr. (Ldn.) Bd 75, S 745. — [14]) G. A. Shook, Z. Math. Phys. Bd 63, S 355. — [15]) J. Sumec, El. Masch.-Bau 1915, S 325. — [16]) Heinrich Mache, Elster-Geitel-Festschrift 1915, S 111. — [17]) F. Harms, Elster-Geitel-Festschrift 1915, S 721. — [18]) S. Butterworth, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 201. — [19]) S. Butterworth, Phil. Mag. R 6, Bd 29, S 578. — [20]) J. Spielrein, Arch. El. Bd 3, S 187. — [21]) P. R. Coursey, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 841. — [22]) R. E. Shawcroß u. R. J. Wells, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 64, 98. — [23]) Russel, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 98. — [24]) Coursey, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 98. — [25]) H. Chireix, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 473. — [26]) F. W. Grover, J. Washington Acad. Bd 5, S 456. — [27]) G. A. Campbell, Phys. Rev. R 2, Bd 5, S 452. — [28]) C. W. Oseen, Ark. Mat. Astr. Fys. Bd 9, Nr 27. —

[29]) W. Rogowski, Arch. El. Bd 3, S 264. — [30]) W. Rogowski, Arch. El. Bd 4, S 61. — [31]) K. W. Wagner, ETZ 1915, S 606, 621. — [32]) K. W. Wagner, Arch. El. Bd 3, S 315. — [33]) R. Hiecke, El. Masch.-Bau 1915, S 505. — [34]) F. Wenner, E. Weibel u. F. B. Silsbee, Bull. Bur. Stand. Bd 12, S 11; ETZ 1915, S 376. — [35]) W. Nernst, Z. Electrochemie 1915, S 541. — [36]) E. Wilke, Elster-Geitel-Festschrift 1915, S 361. — [37]) D. Owen, Electr. (Ldn.) Bd 74, S 323; Bd 75, S 630. — [38]) Albert Campbell, Phil. Mag. R 6, Bd 28, S 842. — [39]) H. Schering u. E. Alberti, Arch. Elektrot. Bd 2, S 263. — [40]) C. V. Drysdale, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 157. — [41]) F. Wenner, Electr. (Ldn.) Bd 76, S 103. — [42]) H. B. Brooks, Bull. Bur. Stand. Bd 10, S 419. — [43]) Minton, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 1115. — [44]) C. E. Magnusson, J. Gooderham u. R. Rader, El. World Bd 65, S 1545. — [45]) C. W. Ricker, El. World Bd 66, S 634. — [46]) H. Clark (nach Phys. Rev., Juli 1915), El. World Bd 66, S 251. — [47]) W. J. de Haas, Z. Instrk. 1915, S 278. — [48]) C. Gutton, C. R. Bd 161, S 71. — [49]) Gg. Keinath, ETZ 1915, S 679. — [50]) J. S. Anderson, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 359.

## XIV. Magnetismus.

Von Geh. Regierungsrat Prof. Dr. E. Gumlich.

**Versuche zur Theorie des Magnetismus.** Die modifizierte Ampèresche Annahme, daß das magnetische Moment der Eisenteilchen durch elektrische Ströme bzw. kreisende Elektronen hervorgebracht werde, konnte bis jetzt experimentell nicht erwiesen werden; Einstein und de Haas[1]) ist dieser Nachweis gelungen. Er beruht darauf, daß dem Impulsmoment der kreisenden Elektronen, das sich bei Änderung der Magnetisierung ebenfalls ändert, ein der Beobachtung zugängliches mechanisches Impulsmoment entsprechen muß, das den Körper bei einer Änderung seiner Magnetisierung in Drehung versetzt.

Nach der Theorie der Verfasser müßte ein in einer Magnetisierungsspule aufgehängtes Eisenstäbchen bei Änderung der Magnetisierung eine Drehung erleiden, die der Beobachtung eben noch zugänglich sein würde. Der Ausführung stellten sich jedoch mechanische Schwierigkeiten entgegen; sie gelang erst, als die Verfasser zu Wechselfeldern übergingen und die Schwingungsperiode des aufgehängten Systems auf die Periode des Wechselstroms abstimmten.

Die Ergebnisse von Versuch und Rechnung stimmten auch quantitativ vorzüglich überein.

Die bisher noch offene Frage, ob die magnetischen Eigenschaften ferromagnetischer Körper an das Molekül oder an das Atom gebunden sind, suchten Comption und Trousdale[2]) dadurch zu entscheiden, daß sie mit Hilfe von Röntgenstrahlen photographische Beugungsbilder von Magnetit- und Hämatitkristallen aufnahmen, welche in Richtung ihrer größten Magnetisierbarkeit einem von einem Elektromagnete gelieferten Feld von etwa 1000 Gauß ausgesetzt werden konnten.

Aus der Tatsache, daß sich in keinem Falle eine durch die Erregung des Feldes hervorgebrachte Verschiebung der Beugungsbilder feststellen ließ, schließen die Verfasser, daß der Magnetismus nicht eine Eigenschaft des Moleküls sein könne, denn jede Drehung des Moleküls würde eine Verschiebung von Atomen zur Folge haben, die sich in den vorliegenden Aufnahmen hätte verraten müssen; vielmehr sei anzunehmen, daß die magnetischen Eigenschaften an das Atom oder an Teile des Atoms gebunden seien. Dies würde sich auch ohne weiteres auf kristallinische Substanzen, wie das Eisen, übertragen lassen.

Von der Ansicht ausgehend, daß das Eisen ein aus wirr durcheinandergelagerten Kristallen bestehendes sog. pseudoisotropes Material darstelle, in welchem sich bei jeder Änderung der Magnetisierung nebeneinander reversible und irreversible Vorgänge abspielen müssen, verfolgen Steinhaus und Gumlich[3]) auf Grund der früheren Untersuchungen von Weiß und der neueren

von Ziegler[4]) über ferromagnetische Kristalle die Vorgänge der Magnetisierung bei kristallinischem Eisen. Es wird zunächst der bekannte Vorgang der Entmagnetisierung durch wiederholte zyklische Ummagnetisierung mit abnehmender Amplitude erklärt und nachgewiesen, daß hierdurch ein Zustand größter Unordnung der hochmagnetisierten Eisenkristalle entstehen muß, die infolgedessen keine magnetische Wirkung nach außen hervorbringen können, so daß ein unmagnetischer Zustand auch der einzelnen Teilchen vorgetäuscht wird. Auch die ungefähre Gestalt der Magnetisierungskurve läßt sich mit Hilfe dieser Anschauungen ohne weiteres übersehen. Auf Grund der von Gans früher gefundenen theoretischen und experimentellen Ergebnisse betr. der sog. reversiblen Permeabilität leiten die Verfasser eine Beziehung zwischen der gewöhnlichen Permeabilität bei hohen Induktionen, der sog. Anfangspermeabilität und dem Sättigungswert ab und prüfen sie experimentell an einer Anzahl möglichst verschiedener Materialien, wobei sich für einige derselben eine gute Übereinstimmung ergibt, für andere nur eine mangelhafte; dies weist darauf hin, daß auch die zugrunde liegenden theoretischen Annahmen von Gans noch einer Verbesserung bedürfen.

In einem zweiten Aufsatz teilen Steinhaus und Gumlich[5]) ein Verfahren zur Herstellung einer „idealen", d. h. hysteresefreien, also von der magnetischen Vorgeschichte unabhängigen Magnetisierung mit: Man erhält die zu einer bestimmten konstanten Feldstärke $\mathfrak{H}$ gehörige ideale Magnetisierungsintensität, wenn man dem konstanten noch ein Wechselfeld mit hoher, stetig abnehmender Amplitude überlagert. Die so gewonnenen Magnetisierungskurven für ganz verschiedene Materialien, wie Eisen, weichen und harten Stahl, Gußeisen, eine Siliziumlegierung und eine Heuslersche Legierung zeigen alle einen so steilen Anstieg aus dem Nullpunkt, daß eine zahlenmäßige Angabe der sog. Anfangspermeabilität überhaupt nicht möglich ist, und laufen erst bei sehr hohen Feldstärken in die gewöhnliche Nullkurve ein.

Auf Grund dieser Anschauungen läßt sich ferner auch nachweisen, daß der bis jetzt noch nicht bekannte Betrag von Energie, der bei der Magnetisierung eines Körpers vom unmagnetischen Zustand bis zur Sättigung vergeudet wird, den vierten Teil von derjenigen betragen muß, welche durch die zugehörige Hystereseschleife gemessen wird.

Die magnetischen Vorgänge in der Nähe der sog. Umwandlungstemperatur, welche zur Übertragung des für paramagnetische Körper aufgestellten Curieschen Gesetzes auf die ferromagnetischen Körper geführt haben, zeigen, daß eine gewisse Analogie besteht zwischen den magnetischen Beziehungen von Feldstärke, Magnetisierungsintensität und Temperatur und den Beziehungen zwischen Druck, Dichte und Temperatur bei den Gasen, wenn man die Feldstärke $\mathfrak{H}$ mit dem Druck und die Intensität $J$ mit der Dichte in Parallele setzt. Wie Ashworth[6]) ausführt, läßt sich dieser Parallelismus noch viel weiter ausgestalten, wenn man für den Übergang aus dem ferromagnetischen in den paramagnetischen Zustand beim Umwandlungspunkt eine Gleichung von der Form $[\mathfrak{H} + \mathfrak{H}_i]\left[\frac{1}{J} - \frac{1}{J_0}\right] = R' \cdot T$ einführt, welche der von van der Waals für den Übergang vom flüssigen zum gasförmigen Zustand bei der kritischen Temperatur aufgestellten Beziehung $[P + \pi]\left[\frac{1}{\varrho} - \frac{1}{\varrho_0}\right] = R\,T$ entspricht. Dabei bezeichnet $J_0$ den Sättigungswert für die Temperatur $T$ und $\mathfrak{H}_i$ das sog. „innere Feld", das von der Wirkung der Molekularmagnete aufeinander abhängt und vom Verfasser proportional dem Quadrat der Magnetisierung $= \alpha' J^2$ angenommen wird, während $R'$ das Reziproke der sog. Curieschen Konstanten $A$ bezeichnet ($\chi T = A$; $\chi =$ spezifische Permeabilität). Der hier beschrittene Weg erscheint recht aussichtsvoll.

**Änderung der Magnetisierungskurve.** Die willkürliche Beeinflussung der Gestalt der Magnetisierungskurve und der Hystereseschleife hat nicht nur

wissenschaftliche, sondern auch praktische Bedeutung. Infolgedessen erweckte auch die schon im JB 1913 besprochene Mitteilung von Pender und Jones[7]) erhebliches Interesse, nach welcher man bei Dynamoblech bis zu 50% höhere Permeabilität und wesentlich günstigere hysteretische Eigenschaften erzielen soll, wenn man das Material während der Abkühlung von einer oberhalb des magnetischen Umwandlungspunkts liegenden Temperatur einem nicht zu schwachen Wechselfeld aussetzt.

Nun hatten bereits im Jahre 1909 in der Reichsanstalt ausgeführte, aber noch nicht veröffentlichte Versuche mit Fischerschem Elektrolyteisen eine starke Abhängigkeit der Gestalt der Magnetisierungskurve von der Abkühlungsgeschwindigkeit ergeben, und zwar lieferte langsames Abkühlen eine sehr steile Hystereseschleife (Remanenz 13600, $\mu_{max} = 8800$), Abschrecken eine sehr schräge Schleife (Remanenz 4100, $\mu_{max} = 4100$), rasches Abkühlen dazwischenliegende Werte. Da die Verhältnisse weder hier noch bei Pender und Jones völlig klar und einwandfrei erschienen, wurden die Versuche von Gumlich und Steinhaus[8]) in der Reichsanstalt wieder aufgenommen. Es ergab sich, daß nur eine einzige, sehr reine Eisensorte die früher gefundene Abhängigkeit von der Abkühlungsgeschwindigkeit besaß und beibehielt, daß dagegen die früher dazu verwendeten Probestäbe sie während der zahlreichen Versuche eingebüßt hatten; ebensowenig zeigte normales und legiertes Dynamoblech diese Abhängigkeit. Die von Pender und Jones gefundene Abhängigkeit von der Wirkung eines Wechselfeldes während der Abkühlung konnte in keinem einzigen Falle bestätigt werden, ebensowenig diejenige eines Gleichfeldes während der Abkühlung, welche nach Versuchen von Wilson[9]) die Permeabilität von Dynamoblech außerordentlich steigern sollte.

**Nahezu hysteresefreies Material.** Die obenerwähnten Versuche von Gumlich und Steinhaus brachten einen für die Technik wichtigen unerwarteten Erfolg. Es zeigte sich nämlich, daß die beiden Proben Fischerschen Elektrolyteisens durch die häufigen Erhitzungen mit der Abhängigkeit von der Abkühlungsgeschwindigkeit auch fast alle Hysterese verloren hatten, so daß nur noch eine Koerzitivkraft von 0,14 bis 0,15 und eine Remanenz von etwa 850 blieb, während die natürlich ebenfalls stark gesunkene Maximalpermeabilität immer noch ebenso hoch war, wie bei gutem käuflichen Material. Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die erzielten Änderungen:

| Material V 123 | Koerzitivkraft | Remanenz | Maximal-Permeabilität |
|---|---|---|---|
| Vor dem Glühen . . . . . . . . . | 2,83 | 11 450 | 1 850 |
| Nach dem ersten Glühen im Vakuum und langsamem Abkühlen . . . . | 0,375 | 10 850 | 14 400 |
| Nach d. 5. Erhitzen u. raschem Abk. | 0,225 | 5 000 | 11 600 |
| » » 13. » » » » | 0,155 | 850 | 4 800 |

Material mit so geringer Remanenz und Koerzitivkraft wird sich auch bei solchen Meßinstrumenten, die bisher wegen des störenden Einflusses der Remanenz eisenlos gebaut werden mußten, verwenden lassen, wodurch man trotz kleinerer Abmessungen erheblich größere Drehkräfte wird erzielen können. Leider blieben die günstigen Ergebnisse auf das Elektrolyteisen beschränkt.

**Chemische Zusammensetzung und thermische Behandlung.** Schon im JB 1914 war auf die schönen Erfolge hingewiesen worden, welche Trygve D. Yensen mit der Herstellung und thermischen Behandlung von Elektrolyteisen in magnetischer Beziehung erzielt hatte. Er benutzte dies Material weiterhin als Grundsubstanz für die Herstellung von Eisen-Bor-[10]) und Eisen-Kobalt-Legierungen.[11]) Die Versuche ergaben, daß größerer Borzusatz die magnetischen Eigenschaften erheblich verschlechtert, kleinere Zusätze dagegen bis zu einigen

Promille verbessern, und zwar beruht diese Wirkung offenbar auf der Beseitigung des im Eisen gelösten Sauerstoffs. Das beste vom Verfasser auf diese Weise erzielte Material hatte nur noch eine Koerzitivkraft von etwa 0,3 und sehr geringen Hystereseverlust bei einer Remanenz von 12000 und einer Maximalpermeabilität von etwa 16000.

Die untersuchten Eisenkobaltlegierungen waren teils vom Verfasser selbst hergestellt, teils von P. Weiß (Zürich), dessen Schüler Preuß bekanntlich die interessante Tatsache gefunden hatte, daß der Sättigungswert einer Legierung von Eisen mit etwa 34% Kobalt rd. 10% höher liegt als derjenige von reinem Eisen. Yensen fand durch Beobachtungen im Burrowschen kompensierten Joch, daß für derartige Kobaltlegierungen die Permeabilität unterhalb der Feldstärke von 7 Gauß geringer ist als diejenige reinen Eisens, dann aber bis zu 25% darüber steigt. Der mit sehr kleinen Ellipsoiden und daher wohl ziemlich ungenau von Williams[12]) gemessene Sättigungswert ergab sich zu 2056, also etwa 14% höher als derjenige von reinem Eisen (1798), und zwar war der letztere durch Schmelzen im Vakuum von etwa 0,5 mm Hg auch noch um ca. 4% gestiegen. Überhaupt lieferten die im Vakuum ausgeführten Schmelzversuche auch bei gewöhnlichem Material sehr günstige Resultate, die offenbar auf die hierdurch bewirkte Beseitigung der Verunreinigungen zurückzuführen sind. Leider sind diese Schmelzversuche im Vakuum so schwer durchzuführen, daß sie wenigstens für die Technik bis auf weiteres kaum in Betracht kommen dürften.

Eine eingehende Untersuchung von Charpy und Cornu-Thenard[13]) beschäftigt sich mit der Wirkung des Siliziums in den legierten Blechen auf die Lage der Umwandlungspunkte und auf den im Material enthaltenen Kohlenstoffgehalt. Silizium vermindert die Löslichkeit des Kohlenstoffs im Eisen stark und begünstigt die Ausscheidung des Kohlenstoffs in Graphitform, worauf gerade die verbessernde Wirkung des Siliziumzusatzes in magnetischer Beziehung beruht. Wenngleich diese Resultate keineswegs neu sind (sie wurden bereits 1912 vom Referenten in einer Sitzung der Londoner Faraday-Gesellschaft mitgeteilt und auch im Druck bereits mehrfach wiedergegeben), so bringt die vorliegende Untersuchung doch so viele interessante Einzelheiten, daß sie volle Beachtung verdient.

Die hauptsächlichsten Ergebnisse der Untersuchungen von Burgeß und Aston, Gumlich, Moir, Hadfield etc. über den Einfluß von Si, C, Cr, Cu, Co, Ni, Mn usw. auf die magnetischen Eigenschaften von Eisen sowie das Wesentlichste über die Heuslerschen Legierungen sind übersichtlich zusammengestellt in einem Aufsatz von Ruder.[14])

Der Zusammenhang zwischen der Struktur der ferromagnetischen Materialien und ihren magnetischen Eigenschaften ist bis jetzt noch recht dunkel. Langenberg und Webber[15]) fanden durch Ausmessung der Hysteresekurven von 6 thermisch verschieden behandelten, mikrographisch untersuchten Probestäben gleicher chemischer Zusammensetzung (0,43% C), daß mit abnehmender perlitischer Korngröße Remanenz, Koerzitivkraft und Hystereseverlust wächst, und daß bei gleicher Korngröße der Hystereseverlust von sorbitischem Gefüge um ca. 50% höher ist als derjenige von perlitischem. Den geringsten Verlust soll Material mit großem Korn und groblamelliertem Perlit ergeben. Zunächst wird man wohl noch eine Bestätigung dieser Resultate abzuwarten haben, da eine Anzahl der bisher bekannten Versuchsergebnisse für das Gegenteil zu sprechen scheint.

Daß und inwieweit die Permeabilität von der Temperatur abhängt, ist durch die Untersuchungen von Ewing u. a. wohl bekannt, wird aber meist bei den Messungen als unerheblich nicht berücksichtigt. Sanford[16]) kommt auf Grund zahlreicher Untersuchungen zu dem Ergebnis, daß es bei genauen Messungen unerläßlich ist, auch die Temperatur der Probe, die ja durch Erwärmung der Magnetisierungsspule erheblichen Schwankungen unterworfen sein kann, zu berücksichtigen, da sonst Fehler von mehreren Prozent möglich sind.

Wie früher beim Nickel, so untersucht Gans[17]) jetzt beim Eisen und weichen Stahl nach der magnetometrischen Methode die Abhängigkeit der Koerzitivkraft von der Temperatur zwischen $-185^0$ und $720^0$: Er findet, daß die Koerzitivkraft eine eindeutige, von der Vorgeschichte unabhängige Funktion der Temperatur ist, die beim Eisen für tiefe Temperaturen einem bestimmten Grenzwert zustrebt, während dies bei Stahl auch bei $-185^0$ noch nicht in die Erscheinung tritt. Eigentümlich ist eine sowohl beim Eisen wie beim weichen Stahl auftretende Unstetigkeit der erhaltenen Kurve zwischen $400^0$ und $500^0$, welche andere Beobachter bereits für die Remanenz, Permeabilität, Leitfähigkeit usw. beobachtet hatten, und die verhindert, den gefundenen Gang durch eine ähnliche Formel darzustellen, wie sie sich schon beim Nickel bewährt hatte. In der Kurve für Stahl ist übrigens auch, was dem Verfasser entgangen zu sein scheint, zwischen $200^0$ und $300^0$ der magnetische Umwandlungspunkt von Eisenkarbid deutlich angezeigt, für welchen neuerdings Kôtarô Honda und Hiromu Takagi[18]) an einer Anzahl von Stahlproben mit verschiedenem Kohlenstoffgehalt die Temperatur $215^0$ festgestellt haben.

**Unsymmetrische Magnetisierungskurven.** Bei den Messungen von Hystereseverlusten geht man meist von symmetrischen Hystereseschleifen zwischen zwei gleichen Induktionen $\pm \mathfrak{B}$ aus. Tatsächlich tritt jedoch häufig der Fall ein, daß die Schleifen nicht symmetrisch sind, beispielsweise bei der Übereinanderlagerung eines Wechselfelds mit einem Gleichfeld. Wie schon früher von anderer Seite gefunden wurde, erhält man dann für dieselbe Differenz $2\,\mathfrak{B}$ der maximalen Induktionen einen größeren Hystereseverlust als im Fall des symmetrischen Zyklus, und zwar wächst dieser Verlust sehr stark mit der Zunahme der mittleren Induktion $\mathfrak{B}_m$. Ball[19]) findet, daß sich der Hystereseverlust $h'$ derartiger unsymmetrischer Zyklen darstellen läßt durch die Beziehung $h' = (\eta + a \cdot \mathfrak{B}_m{}^4)\,\mathfrak{B}^x$. Hierbei drückt offenbar das erste Glied den normalen Verlust des symmetrischen Zyklus in der bekannten Steinmetzschen Form aus, das zweite Glied den Zuwachs durch die Unsymmetrie. Da sich die Messungen des Verfassers nur auf mäßige mittlere Induktionen und kleine Induktionsdifferenzen beschränken, innerhalb deren ja auch das Steinmetzsche Gesetz gilt, sind die gefundenen Abweichungen zwischen Rechnung und Beobachtung gering. Daß das gefundene Gesetz aber ebensowenig allgemeine Gültigkeit hat wie das Steinmetzsche, zeigen Messungen von Chubb und Spooner[20]), welche finden, daß bei hinreichend hohen mittleren Induktionen die Hystereseverluste solcher unsymmetrischer Schleifen wieder abnehmen, was deshalb sehr wahrscheinlich ist, weil bei den höheren Induktionen sich fast nur reversible magnetische Vorgänge ohne Hystereseverlust abspielen.

**Wechselfeldmagnetisierung bei hohen Induktionen und bei hohen Periodenzahlen.** Die hauptsächlichste Schwierigkeit der Prüfung von Eisenblech bei hohen Induktionen nach dem Wattmeterverfahren beruht auf der Tatsache, daß die Form der Spannungskurve um so mehr von der vorgeschriebenen Sinusform abweicht, je höher die Induktion wird. Nicholson[21]) fand durch Aufnahme der Spannungs- und Stromkurven mittels des Oszillographen, daß die Abweichungen der Form der Spannungskurve von der Sinusform hauptsächlich auf das Fehlen der dritten Oberschwingung in der Kurve des Magnetisierungsstromes zurückzuführen seien, und er überwand die Schwierigkeiten bei der Messung dadurch, daß er den Prüfapparat noch mit einer zweiten Magnetisierungsspule versah, die mit einer besonderen, gerade die dritte Oberschwingung liefernden Stromquelle verbunden war. Die erhaltenen Resultate werden noch in einem besonderen Artikel von Tackley[22]) rechnerisch verfolgt.

Bekanntlich steigen die Schwierigkeiten bei der Verlustmessung noch erheblich bei hohen Frequenzen.

Mc Lachlan[23]) stellte Versuche bei Periodenzahlen von $3 \times 10^5$ bis $5 \times 10^5$ an. Die zu Vorlesungszwecken ganz brauchbaren Versuche können jedoch auf Genauigkeit keinerlei Anspruch machen.

**Drehende Hysterese.** Während die Gesetze der gewöhnlichen Wechselfeldmagnetisierung, bei welchen ein ruhender Körper den Wirkungen eines periodisch veränderlichen Wechselfelds ausgesetzt ist, ziemlich genau bekannt sind, widersprechen sich bis jetzt noch die Ergebnisse des Versuchs über die sog. drehende Hysterese, welche entsteht, wenn der ferromagnetische Körper sich in einem stationären Feld dreht. So fand früher Herrmann, daß die Energievergeudung mit wachsender Induktion dauernd zunimmt, wie bei der Wechselfeldmagnetisierung, während sie nach Weiß und Planer ein Maximum erreichen und für höhere Induktionen wieder abnehmen sollte. Gans und Loyarte[24]) suchten diese Frage durch folgende sinnreiche Methode zu entscheiden:

Zwischen zwei Magnetpolen wurde eine Scheibe aus weichem Stahl gedreht, deren Ebene in die Richtung der Kraftlinien fiel. Die Scheibe wurde eng umfaßt von einer schmalen, mit dem ballistischen Galvanometer verbundenen Induktionsspule, deren Windungen mit der Richtung des Feldes zusammenfielen. Ruhte die Scheibe, so blieb beim Kommutieren des erregenden Stromes das Galvanometer in Ruhe; wurde die Scheibe gedreht, so zeigte das Galvanometer einen Ausschlag, der mit der Richtung der Umdrehung wechselte, von der Größe der Umdrehungsgeschwindigkeit dagegen unabhängig war. Hieraus geht hervor, daß nunmehr die Induktionsrichtung einen Winkel $\varphi$ mit der ursprünglichen Richtung einschloß, also gewissermaßen durch die Rotation mitgezogen wurde.

Ebenso wie die Richtung von $\mathfrak{B}$ hatte aber auch diejenige der wahren Feldstärke $\mathfrak{H}$ im Innern des Scheibchens eine Änderung erfahren. Der Winkel $\psi$ zwischen Induktion und wahrer Feldstärke läßt sich theoretisch berechnen; er hat den Charakter einer Materialkonstante, insofern er nur von $\mathfrak{B}$, nicht aber von den Abmessungen des Scheibchens abhängt, was bei dem Winkel zwischen $\mathfrak{B}$ und äußerem Feld nicht der Fall ist. Auffallend war die Größe des Winkels $\psi$, der bis zu $68^0$ anstieg; bei einer derartigen Drehung verhält sich also das Eisen wie ein anisotroper Kristall.

Ferner fanden die Verfasser in Übereinstimmung mit Weiß und Planer ein Maximum der Energievergeudung in der Scheibe etwa in der Gegend von $\mathfrak{B} = 14000$, für höhere Induktionen aber eine sehr erhebliche Abnahme, die auch qualitativ durch einen Kontrollversuch nachgewiesen werden konnte.

**Eisenprüfapparate.** Zur Messung der Verlustziffern von Dynamoblech wird jetzt fast allgemein der Epsteinsche Apparat benützt, und es lag daher der Wunsch nahe, diesen Apparat auch zur Messung der Magnetisierbarkeit zu benützen. Den ersten Schritt hierzu tat Epstein selbst, der den Apparat gewissermaßen als geschlossenen magnetischen Kreis auffaßte und ohne Berücksichtigung der Stoßfugen der mittleren, über die ganze Blechstreifenlänge gemessene Induktion die mittleren AW/cm, d. h. die durch die Blechstreifenlänge dividierte Zahl der AW der Spulen zuordnete. Gumlich und Rogowski wiesen nach, daß die nach dieser Methode gewonnenen Werte von den tatsächlichen doch zum Teil auch für die Bedürfnisse der Technik zu stark abweichen und gaben eine Methode an, nach welcher sowohl die Induktion als auch die zugehörige Feldstärke in der Mitte der Bündel ballistisch gemessen werden kann. Sumec[25]), welcher diese letztere Methode zwar für einwandfrei, aber für zu umständlich hält, ordnet nun der in der Mitte der Bündel gemessenen Induktion diejenige Feldstärke zu, welche sich aus dem Quotient von AW und Spulenlänge (nicht Länge des Kraftlinienwegs) ergibt. Unter Verwendung der früher in der Reichsanstalt ausgeführten Messungen findet er, daß für gleiche Induktionen die Differenzen zwischen den so berechneten und den wahren Feldstärken für technische Zwecke zu vernachlässigen sind. Dies ist für hohe Feldstärken sicher auch der Fall, während sie bei 25 AW etwa 12 bis 16% betragen, so daß man für genauere Messungen doch stets auf die Methode von Gumlich-Rogowski oder auf den so bequemen Differentialapparat von van Lonkhuyzen zurückgreifen muß, der ja seinerseits wieder mehrerer nach der ersteren Methode geeichter Normalbündel bedarf.

Die Fehlerquellen des bekannten, in der Technik noch vielfach verwendeten Siemensschen Magnetisierungsapparats nach Köpsel-Kath untersucht Burrows[26]) sehr eingehend, bringt aber keinerlei neue Gesichtspunkte, während er eine der wesentlichsten Fehlerquellen überhaupt übergeht, nämlich bei der Messung von Dynamoblech die viel zu geringe Breite der Probestreifen, infolgederen die mechanische Härtung durch das Schneiden, die ohne weiteres nicht in Rechnung gezogen werden kann, einen sehr erheblichen Betrag erreicht. Gerade diesem Umstande müßte bei einer Neukonstruktion des im übrigen so bequemen Apparats dadurch Rechnung getragen werden, daß die Probestreifen eine Breite von mindestens 1,5 bis 2 cm erhielten.

**Permanente Magnete.** Zur Ermittelung der für die Herstellung von permanenten Magneten geeignetsten Materialien und Härtungstemperaturen schreckte Mathews[27]) eine beträchtliche Anzahl Stahlsorten verschiedener chemischer Zusammensetzung in Form verschieden dicker Stäbe bei verschiedenen Temperaturen in Wasser und Öl ab und untersuchte dieselben mit dem Esterlineschen Permeameter. Aus dem interessanten Beobachtungsmaterial werden keine allgemein gültigen Schlußfolgerungen gezogen; auch ist die mikrographische Untersuchung nicht zu Hilfe genommen worden, so daß der tatsächliche Wert der umfangreichen Untersuchung recht gering ist.

Auch ein Vorschlag des Verfassers, das Verhältnis aus Remanenz und Koerzitivkraft $\mathfrak{B}_r/\mathfrak{H}_c$ als Kriterium für die Brauchbarkeit eines Materials zu permanenten Magneten zu verwenden (je kleiner, desto besser!) ist ganz unbrauchbar, denn wie Gumlich und Schmidt (ETZ 1901, S 697) gezeigt haben, ist dieser Quotient ungefähr proportional der Maximalpermeabilität des Materials und kann zur Charakterisierung eines magnetisch weichen Dynamostahls wohl gute Dienste leisten, nicht aber eines Materials für permanente Magnete, bei dem die Permeabilität überhaupt nicht in Frage kommt. Permanente Magnete erfordern im allgemeinen sowohl große Remanenz wie große Koerzitivkraft des Materials, als Kriterium kann also nur das Produkt beider Größen in Betracht kommen, nicht ihr Quotient. Hierauf weist auch S. P. Thompson[28]) hin und zeigt an der Hand praktischer Beispiele, zu welch widersinnigen Ergebnissen das von Mathews vorgeschlagene Kriterium führen würde.

Bekanntlich ist nicht nur das Material, sondern auch die Gestalt des permanenten Magnets maßgebend für den von ihm festgehaltenen Magnetismus, und es ist daher für den Fabrikanten von großem Wert, auf Grund der bekannten magnetischen Eigenschaften des Materials für einen Magnet beliebiger Form diese Remanenz wenigstens annähernd zum Voraus berechnen zu können. Für die Ellipsoid- und Stabform ist dies möglich, für den Hufeisenmagnet gibt Edgcumbe[29]) eine für manche Zwecke wohl ausreichende Anweisung. Mit Hilfe der Hysteresekurve und einer Art Scherungslinie ergibt sich die scheinbare Remanenz des Magnets, also die gesuchte Feldstärke innerhalb des Spalts. Im letzten Grunde kommt auch diese Darstellung auf die gewöhnliche Auffassung der entmagnetisierenden Wirkung der Enden hinaus. Sie ist nicht einwandfrei, denn sie sieht beispielsweise vollständig von der bei langgestreckten Hufeisenmagneten sehr erheblichen Streuung außerhalb des Spalts ab, infolge deren die Rechnung im allgemeinen zu hohe Werte ergeben wird, kann aber zur Orientierung in manchen Fällen gute Dienste leisten.

**Konstante und hohe Magnetfelder.** Die Herstellung stärkerer Magnetfelder zu Meßzwecken mit Hilfe des Elektromagnets hat meist den Nachteil, daß bei schwankender Stromstärke infolge von Änderungen der Spannung oder Erwärmung der Wicklung usw. auch die Feldstärke unerwünschten Schwankungen unterworfen ist. Beattie[30]) sucht dies dadurch zu vermeiden, daß er bei dem Elektromagnet mit doppelten Luftspalten $G'_1$, $G_2$ (Abb 18) mit

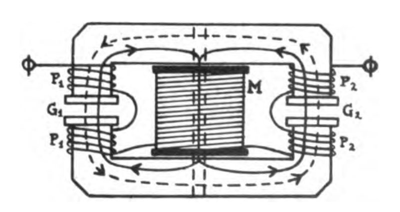


Abb. 18. Elektromagnet mit gleichbleibendem Spaltfeld.

der Hauptwicklung $M$ zwei weitere Wicklungen um die Pole $P_1$ und $P_2$ in Reihe schaltet, welche im Spalt $G_1$ den umgekehrten Kraftlinienfluß hervorbringen wie die Hauptwicklung (vgl. die Pfeile). Erregt man die Spule $M$ ziemlich hoch, so liegt die Induktion oberhalb des Knies, und daher ist die Abhängigkeit der Induktion von der Stromstärke im Kern und somit auch in den Luftspalten annähernd geradlinig. Die Anzahl der um die Pole gelegten Windungen ist natürlich sehr viel geringer, da jedoch der hauptsächlichste magnetische Widerstand in den Luftschlitzen liegt, so verläuft auch die von den Polwindungen herrührende Magnetisierung in Abhängigkeit von der Stromstärke nahezu geradlinig, und es läßt sich durch geeignete Wahl der Windungszahlen erreichen, daß die Neigung der beiden in Betracht kommenden geradlinigen Stücke der Magnetisierungskurven die gleiche ist. In diesem Falle aber ist das resultierende Feld in $G_1$ praktisch unabhängig von der Konstanz des erregenden Stroms, und tatsächlich wurde experimentell das Feld innerhalb von etwa 2‰ konstant gefunden, während sich die Stromstärke in den Spulen um etwa 100% änderte. Der Einfluß der Hysterese ist nur sehr gering und kann durch Kommutieren beseitigt werden. Der Gebrauchswert der an sich sehr interessanten Anordnung wird leider dadurch recht beschränkt, daß einmal die Feldstärke im Spalt $G_1$ als Differenz zweier anderen nicht sehr hoch getrieben werden kann, und ferner, daß sich mit Hilfe einer derartigen Anordnung nur eine einzige wirklich konstante Feldstärke hervorbringen läßt.

Ihre interessanten Versuche zur Hervorbringung sehr hoher magnetischer Felder durch außerordentliche Steigerung der Stromstärke in der stark gekühlten Spule einer jochartigen Vorrichtung haben Deslandres und Pérot[31]) fortgesetzt. Zur Kühlung der aus dünnem Silberband bestehenden Spulen wurde nicht mehr Petroleum, sondern unter starkem Druck zwischen den Spulenwindungen hindurchgepreßtes Leitungswasser benützt, dessen elektrolytische Wirkung die Verfasser dadurch vermieden, daß sie die Spannung zwischen zwei Windungen unter 1,4 V hielten. Eine zunächst vollkommen eisenlos gehaltene Anordnung mit besonders gestalteter Spule gab bei 5000 A und 68 V ein Feld von 50000 Gauß, trotzdem durch einen Kurzschluß von sieben Windungen die Feldstärke stark verringert war; ohne diesen würde sie etwa 64000 Gauß betragen haben, und durch Einführung eines Eisenkerns, der allerdings die Zugänglichkeit des Interferrikums außerordentlich erschwert, würde sie noch um etwa 20000 bis 23000 Gauß erhöht worden sein. Wirklich praktisch ausgeführt wurde nur ein anderer Probeapparat mit Eisenkern, der in einem Interferrikum von 5 mm Länge und 4 mm Durchmesser bei 5000 A das höchste überhaupt bis jetzt hergestellte Feld von 64000 Gauß lieferte. Die Verfasser glauben mit Hilfe eines stärkeren Wasserstromes, der die Verwendung von etwa 8000 A gestatten würde, mit diesem verhältnismäßig so kleinen und leichten, im Betrieb aber recht kostspieligen Apparat ein Feld von 100000 Gauß erreichen zu können.

[1]) Einstein u. de Haas, Verh. D. Phys. Ges. 1915, S 152. — [2]) Comption u. Trousdale, Phys. Rev. R 2, Bd 5, S 315. — [3]) Steinhaus u. Gumlich, Verh. D. Phys. Ges. 1915, S 271. — Arch. El. Bd 4, S 89. — [4]) Ziegler, Mitt. Phys. Ges. Zürich 1915, Nr 17. — [5]) Steinhaus u. Gumlich, Verh. D. Phys. Ges. 1915, S 369. — Arch. El. Bd 4, S 149. — [6]) Ashworth, Phil. Mag. R 6, Bd 30, S 711. — [7]) Pender u. Jones, Electr. (Ldn.) Bd 70, S 814. — [8]) Gumlich u. Steinhaus, ETZ 1915, S 675, 691; 1916, S 80. — [9]) Wilson, Proc. Roy Soc. Ldn. Reihe A, Bd 91, S 104. — [10]) Yensen, Bull. Univers. Illinois 1915, Nr 77. — [11]) Yensen, Gen. El. Rev. 1915, S 881. — ETZ 1915, S 589. — [12]) Williams, Phys. Rev. R 2, Bd 6, S 404. — [13]) Charpy u. Cornu-Thenard, Stahl u. Eisen 1915, S 1083. — [14]) Ruder, Gen. El. Rev. 1915, S 197. — [15]) Langenberg u. Webber (nach Bull. Am. Inst. Min. Eng. 1915) El. World Bd 65, S 534. — [16]) Sanford (nach Bull. Bur. Stand. Bd 12.) El. World Bd 66, S 1269. — [17]) Gans, Phys. Z. 1915, S 96. — Ann. Phys. R 4, Bd 48, S 514. — [18]) Kotarô Honda u. Hiromu Takagi, Proc. Tôkyô Math. Phys. Soc. R 2, Bd 8, S 121. — [19]) Ball, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 2275. — Gen. El. Rev. 1915, S 31. — [20]) Chubb u. Spooner, Proc. Am.

Inst. El. Eng. 1915, S 2321. — [21]) Nicholson, Electr. (Ldn.) Bd 74, S 464. — [22]) Tackley, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 511. — [23]) Mc Lachlan, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 877. — [24]) Gans u. Loyarte, Arch. El. Bd 3, S 139. — [25]) Sumec, ETZ 1915, S 145. — [26]) Burrows, Bull. Bur. Stand. Bd 11, S 101. — El. World Bd 65, S 95. — [27]) Mathews (nach Proc. Am. Soc. Testing Mater. Bd 14, 1914), El. World Bd 64, S 1116. — [28]) S. P. Thompson, Electr. (Ldn.) Bd 74, S 736; Bd 75, S 65. — [29]) Edgcumbe, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 546. — [30]) Beattie, Electr. (Ldn.) Bd 73, S 929. — [31]) Deslandres u. Pérot, C. R. Bd 159, S 438.

---

## XV. Messung elektrischer Lichtquellen.

Von Patentanwalt Dr.-Ing. B. Monasch.

Halbertsma[1]) untersucht die Lichtverteilung eines ringförmigen Leuchtkörpersystems, wie es für die neueren Wolframlampen mit spiralig gewundenen Drähten immer häufiger angewendet wird. An Stelle des horizontalen Maximums der Lichtverteilungskurve tritt ein Maximum in vertikaler Richtung nach unten, während das Maximum nach oben durch die Schattenwirkung des Glühlampensockels unterdrückt wird. Bei gleichem Maximum der Lichtstärke ($J_{max.}$) gibt sowohl die Glühlampe mit parallelen vertikalen Drähten als die ringförmige Anordnung des Glühkörpers die gleiche sphärische Lichtstärke $J_0 = \frac{1}{4}\pi J_{max}$. Hieraus folgt, daß bei gleichem Lichtstrom die Größe des Maximums durch die verschiedenartige Drahtanordnung nicht beeinflußt wird, sondern nur seine Richtung. — Zickler[2]) entwickelt die Gleichungen für die verschiedenartigen Lichtstärken von elektrischen Glühlampen mit verschiedenartig angeordneten, insbesondere auch spiralförmig gewundenen, verkürzten Leuchtkörpern. — Eine Anlage zur Massenprüfung von Wolframglühlampen der National Lamp Works[3]) in Cleveland ist mit zahlreichen Abbildungen eingehend beschrieben. — Trowbridge und Truesdell[4]) beleuchten bei einem Halbschattenphotometer die eine Hälfte des Gesichtsfeldes mit einer festen Normallampe, während die andere von einer um etwa 44 cm automatisch hin- und herbewegten Versuchslampe beleuchtet wird. Hierdurch sollen Fehlerquellen wie Ungleichheiten der Lichtstärke der Lampen, ungleichmäßige Veranlagung des Beobachters vermieden werden. — Pfund[5]) bringt die Genauigkeit des Ablesens bei Kontrast-Gleichheitsphotometern auf den doppelten Betrag, indem in den Weg eines der beiden Lichtbündel z. B. des Lummer-Brodhunschen Gleichheitsphotometers ein durchsichtiger Metalldoppelkeil gebracht wird, der durch Zerschneiden und umgekehrtes Zusammensetzen eines Metallkeils erhalten ist. — Bechstein[6]) erörtert die Fehlerquellen, welche durch die Art und Anordnung der Auffangschirme bei Photometern für die Messung der horizontalen Beleuchtung bedingt sind. Es wäre bei der Wahl eines ausschließlich für Beleuchtungsmessungen zu verwendenden Schirmes eine Einigung aller beteiligten Kreise über die Zulässigkeit und die eventuelle Definition einer gewollten Beschattung der Schirme erwünscht, um die Unzuträglichkeiten zu beseitigen, die sich aus der großen Verschiedenheit sowohl der Anordnungen der Schirme als auch der Photometerkonstruktion ergeben. Das erstrebenswerte Ziel, ein Normalphotometer für Beleuchtungsmessungen zu besitzen, wäre dann um einen Schritt näher gerückt. — Utzinger[7]) berichtet über die Arbeiten der Lichtkommission des VDE betreffs Herstellung eines zweckmäßigen Innenanstrichs für die Ulbrichtsche Kugel. Die Kugel ist zunächst mit einem Grundanstrich zu versehen, der nur einmal aufzutragen ist und Bleiweiß enthält. Auf den Grundanstrich kommt ein Deckanstrich aus Zinkweiß, der dreimal aufzutragen ist. Es empfiehlt sich, den Deckanstrich alle Jahre einmal zu erneuern. — Krüß[8]) gibt ein neues Flimmerphotometer an. Während das von Pfund früher angegebene Flimmerphotometer stark einseitig ist, ersetzt Krüß die bei Pfund benutzte Glasplatte durch ein Lummer-Brodhunsches Prismenpaar. Da bei diesem in zwei senkrecht zueinander stehen-

den Richtungen Licht unter genau gleichem Lichtverlust hindurchgelassen und reflektiert wird, wird die Einseitigkeit aufgehoben. — Ein anderes Flimmerphotometer wird von Ives und Brady[9]) beschrieben. — v. Pirani[10]) schlägt eine neue Methode zur Photometrie verschiedenfarbiger Lichtquellen vor. Die bei der bekannten Methode mit einem Farbenfilter notwendige photometrische Eichung des Filters kann nach v. Pirani umgangen werden und die Helligkeit der mit Filter versehenen Normallampe berechnet werden. Kennt man die bei den verschiedenen Wellenlängen des sichtbaren Spektrums ausgestrahlte Energie $E_\lambda$ des Leuchtkörpers der Normallampe, ferner die relative Empfindlichkeit des Auges $A_\lambda$ für diese Wellenlängen, ferner die physikalische Durchlässigkeit $D_\lambda$ des Filters, d. h. das Verhältnis des vom Filter durchgelassenen Lichtes zu dem auf das Filter auffallenden Licht bei der Wellenlänge $\lambda$, so ist die physiologische Wirkung der Lichtquelle mit vorgesetztem Filter für diese Wellenlänge gleich $c \cdot E_\lambda \cdot A_\lambda \cdot D_\lambda$ zu setzen, wo $c$ ein Proportionalitätsfaktor ist. Trägt man die Werte $c \cdot E_\lambda \cdot A_\lambda \cdot D_\lambda = \varphi(\lambda)$ als Ordinaten über den Wellenlängen auf, so erhält man die „Wirksamkeitskurve" der Lichtquelle, deren Flächenintegral:

$$\int_{\lambda=400\,\mu\mu}^{\lambda=750\,\mu\mu} \varphi(\lambda)\, d\lambda = \Phi$$

im sichtbaren Gebiet die „Wirksamkeitsfläche", als Maß für die physiologische Wirkung benutzt werden kann.

Paterson und Dudding[11]) berichten über Versuche im National Physical Laboratory zur Benutzung von Wolframlampen als Zwischenlichtquellen, die nach der 10-Kerzen-Pentanlampe als Normallampe geeicht wurden. — Utzinger[12]) ließ vollkommen ungeübte Beobachter an verschiedenen Photometern und bei verschiedenfarbigem Lichte Einstellungen vornehmen. Die Meßergebnisse lieferten den deutlichsten Beweis für die großen Vorteile des Flimmerprinzips bei der Photometrie farbiger Lichtquellen, auch für vollkommen ungeübte Augen. — Ott[13]) berichtet über Untersuchungen über die Abhängigkeit der Lichtstärke der Hefnerlampe von den atmosphärischen Verhältnissen, insbesondere vom Luftdruck. Die Versuche auf verschiedenen Bergen und in einer Grube ergaben wegen der verschieden zusammengesetzten Luft einen unwahrscheinlichen Verlauf der Lichtstärke. Die Versuche wurden daher an ein und derselben Stelle in einer Druckkammer wiederholt. Es ergab sich, daß der den Luftdruck berücksichtigende Teil der Liebenthalschen Formel der Wirklichkeit entspricht.

Middlekauff und Skogland[14]) haben versucht, Normalglühlampen (Wolframlampen) als Vergleichsglühlampen zu benutzen, um die nicht unbeträchtlichen Schwierigkeiten auszuschalten, die auf der großen Farbenverschiedenheit zwischen Vergleichslampe und der zu photometrierenden Lampe beruhen. Die Vergleichswolframlampen wurden durch Änderung der Betriebsspannung auf Farbengleichheit mit der zu messenden Lampe eingestellt. Die Wolframlampe ist für den gedachten Zweck besonders geeignet, da sich durch Erniedrigung ihrer Betriebsspannung sowohl Farbengleichheit zwischen ihr und jeder beliebigen anderen Glühlampe als auch zwischen ihr und den Flammennormalen herbeiführen läßt. Bei den Beobachtungen ergab sich folgende Beziehung:

$$y = A\,x^2 + Bx + C.$$

$y$ bedeutet den Logarithmus der Lichtstärke, $x$ den Logarithmus der Spannung, $A$, $B$ und $C$ sind Konstanten.

Bloch[15]) hat das im JB 1913, S 209 beschriebene Verfahren zur zahlenmäßigen und graphischen Darstellung der Bestimmung der Farbe künstlicher Lichtquellen nunmehr auch für die zahlenmäßige Darstellung der Farben beliebiger Stoffe, der Körperfarben, brauchbar gemacht. Es wurden sowohl durch-

sichtige Körper, wie gefärbte Glasplatten, als auch undurchsichtige Stoffe, wie Seiden- oder Wollgewebe untersucht. — Ives und Kingsbury[16]) beschreiben Versuche über objektive Photometrie, bei denen sie ein „künstliches Auge" verwenden, das aus einer empfindlichen Thermosäule in Verbindung mit einem absorbierenden Medium besteht, dessen Durchlässigkeit nahezu mit den Kurven der spektralen Helligkeit des normalen Auges identisch ist. Das absorbierende Medium besteht aus einer Lösung, die auf 1 l Wasser 68 g Kupferchlorid, 14 g Kobaltammonsulfat, 10 g Kaliumchromat und 1,05 g (15 $cm^3$) Salpetersäure enthält. — Halbertsma[17]) weist auf das Sinuspapier hin, das für lichttechnische Arbeiten ein wertvolles Hilfsmittel darstellt. — Kühn[18]) gibt ein Verfahren an, nach welchem sich das Kennellysche Verfahren zur graphischen Bestimmung der mittleren sphärischen Lichtstärke vereinfachen läßt. — Für die Bezeichnung der Einheit der Flächenhelle wird von verschiedenen amerikanischen Beleuchtungstechnikern[19]) zu Ehren Lamberts der Name Lambert vorgeschlagen. — Ives, Coblentz und Kingsbury[20]) geben als wahrscheinlichsten Wert des mechanischen Äquivalents des Lichtes 0,00162 W an. — Mackinney[21]) behandelt den Einfluß der Reflexion von Wänden und Decken auf die errechnete Beleuchtung und findet, daß man bis zu 80% Lichtgewinn über die errechnete Beleuchtung hinaus bei hellen Wänden erhalten kann.

Powell[22]) gibt eine Methode zur Berechnung der indirekten Beleuchtung an, wenn die Lichtausstrahlungskurve der nackten Lichtquelle, der Reflexionskoeffizient der sekundären Lichtquelle (gewöhnliche Decke), die Entfernung der Lichtquelle von der Decke und die Entfernung der Decke von der zu beleuchtenden Ebene bekannt sind. — Einen tragbaren Beleuchtungsmesser beschreibt Redding.[23]) Die eigentliche photometrische Vergleichsvorrichtung ist ein Webersches Photometer mit Lummer-Brodhunschem Prismenpaar. Als Vergleichslampe dient eine Wolframlampe. Ein einfacheres Instrument für ungefähre Vergleiche wird von Brooks[24]) angegeben. Ein durchscheinender schwarzer Seidenschirm wird von einer Glühlampe beleuchtet, der Schirm wird verstellt, bis die Flächenhelle des Schirmes für hindurchgelassenes Licht gleich der Beleuchtung auf ringförmigen Vergleichskartons wird, die von außen her beleuchtet werden. — Über die Chemie des Leuchtvorganges beim Glühwürmchen und anderen leuchtenden Organismen berichtet Mcdermott.[25]) — Voege[26]) berichtet über die weitere Ausbildung der objektiven Photometrie mit Hilfe lichtelektrischer Alkalizellen und ihre Anwendung auf Beleuchtungsmessungen.

[1]) Halbertsma, Z. Beleucht. 1915, Heft 15/16. — [2]) Zickler, El. Masch.-Bau 1915, S 469, 481. — [3]) El. World Bd 66, S 12. — [4]) Trowbridge u. Truesdell, Phys. Rev. R 2, Bd 4, S 289. — [5]) Pfund, Phys. Rev. R 2, Bd 4, S 477. — [6]) Bechstein, ETZ 1915, S 114. — [7]) Utzinger, ETZ 1915, S 137. — [8]) Krüß, Z. Instrk. 1915, S 251. — [9]) Ives u. Brady, El. World Bd 64, S 919. — [10]) v. Pirani, ETZ 1915, S 202. — [11]) Paterson u. Dudding, Electr. (Ldn.) Bd 7, S 251. — [12]) Utzinger, ETZ 1915, S 115. — [13]) Ott, Jour. f. Gasbel. Bd 58, S 749. — [14]) Middlekauf u. Skogland, Bull. Bur. Stand. Bd 11, S 483; auch ETZ 1915, S 585 oder Z. Beleucht. 1915, S 19. — [15]) Bloch, ETZ 1915, S 113; auch J. Gas. Wasser. 1915, Heft 11 u. 12. — [16]) Ives u. Kingsbury, El. World Bd 66, S 1100. — [17]) Halbertsma, Licht u. Lampe 1915, Heft 16. — [18]) Kühn, El. Masch.-Bau 1915, S 500, 632. — [19]) El. World Bd 66, S 60, 65, 715. — [20]) Ives, Coblentz u. Kingsbury, Phys. Rev. R 2, Bd 5, S 269. — [21]) Mackinney, El. World Bd 65, S 1425. — [22]) Powell, El. World Bd 65, S 1463. — [23]) Redding, El. World Bd 65, S 85. — [24]) Brooks, El. World Bd 65, S 170. — [25]) Mcdermott, Z. Beleucht. 1915, S 72. — [26]) Voege, El. Masch.-Bau 1915, S 626.

# XVI. Elektrochemie
(wissenschaftlicher Teil).

Von Prof. Dr. K. Arndt.

## Leitfähigkeit.

**Wäßrige Lösungen.** Th. Paul[1]) hat aus Anlaß seiner Untersuchungen über die „Entsäuerung" des Weines die Leitfähigkeit einiger weinsaurer Salze in weitem Verdünnungsbereich gemessen. — E. W. Washburn und Earl P. Millard[2]) haben die Überführung von Cäsiumchlorid bestimmt und, indem sie den durch die Verschiebung des Lösungsmittels verursachten Fehler durch den Kunstgriff, ein leicht bestimmbares Nichtelektrolyt zuzusetzen, ermittelten, die „wahre" Überführungszahl des Cäsiumions in 1,2 norm. Lösung bei 25° zu 0,491 gefunden. Bei Durchgang von 1 F (= 96500 C) wurde $^1/_3$ Mol Wasser zur Kathode verschoben. — A. Heydweiller[3]) hat die Beweglichkeiten einer Anzahl zwei- und dreiwertiger Kationen neu berechnet, indem er eine von Kohlrausch für Elektrolyte mit wenigstens einem einwertigen Ion gefundene Regel benutzte, um die Leitfähigkeit bei unendlicher Verdünnung zu extrapolieren. Diese Regel besagt, daß man nahezu geradlinige Kurven erhält, wenn man als Abszisse die dritte Wurzel aus der Äquivalentkonzentration und als Ordinate die Äquivalentleitfähigkeit einträgt. Auf diese Weise fand Heydweiller für 18° folgende Ionenbeweglichkeiten:

$\frac{1}{2}$ Ba 27,9; $\frac{1}{3}$ Al 40,4; $\frac{1}{3}$ Cr 44,9; $\frac{1}{2}$ Mn 44,1; $\frac{1}{2}$ Fe 45,3; $\frac{1}{3}$ Fe 61,2; $\frac{1}{2}$ Ni 44,2; $\frac{1}{2}$ Co 43,0.

**Nichtwäßrige Lösungen.** In Alkohol hat A. R. Normand[4]) die Leitfähigkeit von Kaliumjodid bei tiefen Temperaturen gemessen. Er fand für eine Lösung von 1 g Kaliumjodid in 100 g Alkohol die spezifische Leitfähigkeit bei —100° zu $25{,}7 \cdot 10^{-6}$, bei —50° zu $204 \cdot 10^{-6}$ und bei 0° zu $778 \cdot 10^{-6}$. Indem er die Änderung der Leitfähigkeit beim Verdünnen der Lösung verfolgte, stellte er fest, daß die durch das Verdünnen bewirkte Ionenabspaltung binnen 1 min vollendet war. — In Anilin, Chinolin und Pyridin hat J. N. Pearce[5]) die Leitfähigkeit einiger anorganischer Salze untersucht. — In Nitrobenzol haben E. Moles und L. Gomez[6]) die Leitfähigkeit von Chromylchlorid gemessen. — In Gemischen von Wasser mit Äthylalkohol oder Methylalkohol haben A. Doroschewski und S. Dworschantschik[7]) die Leitfähigkeit von Kalium-, Natrium- und Bariumchlorid sowie Bariumnitrat untersucht, um die von verschiedenen Forschern angegebenen Formeln zu prüfen; sie fanden die Formel von Lenz-Cohen ungenau, die von Arrhenius unrichtig und die Formel von Wakeman nur für einwertige Salze geeignet. — In Dreigemischen von Wasser, Glyzerin und Azeton haben Harry C. Jones, P. B. Davis und W. S. Putman[8]) Leitfähigkeitsmessungen an einigen Rubidium- und Ammoniumsalzen angestellt; in Verbindung mit ihren Zähigkeitsmessungen finden sie, daß die Fluidität (der reziproke Wert der Viskosität) mehr als alle anderen Faktoren die Leitfähigkeit beeinflußt.

**Geschmolzene und feste Stoffe.** C. Sandonnini[9]) hat die Leitfähigkeit einiger geschmolzener Salzgemische gemessen und zugleich nach der Mischungsregel aus den Leitfähigkeiten der Salze berechnet. Gemische von Bleichlorid und Bleibromid zeigten ein etwas kleineres Leitvermögen, als berechnet wurde, und zwar stieg für die äquimolekulare Mischung dieser Unterschied auf 4%. Als Ursache gilt die Zurückdrängung der Dissoziation. Bei Silberchlorid mit Silberbromid war der Unterschied höchstens 1,3%, dagegen bei Thalliumchlorid mit Silberchlorid sogar 25%, was durch die Bildung komplexer Moleküle erklärt wird. — Dieselben Gemische hat Sandonnini[10]) auch nach dem Erstarren untersucht und gefunden, daß bei Bleichlorid-Bromid die Isothermen, welche die Änderung der Leitfähigkeit mit der Zusammensetzung des Gemisches dar-



stellen, ein Minimum bei etwa der äquimolekularen Mischung aufweisen. Das Gemisch der Silbersalze leitete für 0 bis 70 Molprozent Silberbromid etwas schlechter, als der Mischungsregel entspricht, darüber hinaus im Gegenteil etwas besser; bei 70% macht die Kurve einen Sprung. Bei Silberchlorid mit Thallochlorid zeigte die Isotherme bei 20C° (10° unter dem Schmelzpunkt des eutektischen Gemisches) einen Gipfel, der dem eutektischen Gemisch entspricht.

Die lichtelektrische Leitfähigkeit einer Anzahl organischer und anorganischer Stoffe ist von M. Volmer[11]) gemessen worden. Er fand sie verhältnismäßig groß z. B. bei Methylanthrazen, $\alpha$-Naphtol, Zinnober und gelbem Quecksilberoxyd. Sehr stark nahm die Leitfähigkeit des Jods beim Belichten zu, nämlich auf das 25fache des Anfangswertes; auch rotes Quecksilberoxyd zeigte starke Zunahme. In fast allen Fällen zeigte sich ein Zusammenhang zwischen chemischer Lichtempfindlichkeit und Änderung des Leitvermögens. Volmer stellt folgende Theorie auf: Die lichtelektrische Leitung erfolgt dadurch, daß Elektronen unmittelbar von der einen Molekel zur benachbarten übertreten, daß also die Elektronen nicht frei, sondern nur gelockert „partiell abgespalten" werden. In seinen Messungen erblickt er eine Bestätigung der Lutherschen Theorie, welche eine solche Lockerung der Elektronen als Ursache photochemischer Umsetzungen annimmt.

## Elektromotorische Kraft.

**Kadmiumnormalelement.** Wie für jede andere Kette, deren elektrische Energie durch umkehrbare chemische Umsetzungen geliefert wird, läßt sich auch für das Weston-Element die EMK aus den Wärmetönungen und deren Temperaturkoeffizienten herleiten und umgekehrt aus der gemessenen EMK die chemische Energie des Elementes in Kalorien berechnen. Diese Rechnung ist einerseits von E. Cohen, anderseits von H. v. Steinwehr durchgeführt worden. Beide fanden einen Unterschied zwischen der auf thermischem und der auf elektrischem Wege ermittelten chemischen Energie, aber ihre Zahlenwerte stimmten nicht überein. E. Cohen und W. D. Heldermann[12]) zeigen nun, daß sich bei Gebrauch der neuesten Zahlenwerte für die Ws (0,2389) und für F (96494) und nach Berichtigung eines kleinen Rechenfehlers aus der Steinwehrschen Rechnung 47252 cal für die thermisch ermittelte Energie ergeben, während sie selbst 47222 finden. Der noch verbliebene Unterschied von 30 cal ist unbedeutend. Dagegen legen Cohen und Heldermann den Unterschied zwischen dem auf thermischem Wege und dem auf elektrischem Wege ermittelten Energiewerte zu etwa 350 cal fest. Sie erklären diesen auffälligen Unterschied durch die Annahme, daß dem Kadmium mehrere allotrope Formen zukommen. Tatsächlich fanden sie eine verschiedene EMK des Kadmiums je nach seiner Vorgeschichte und sehen sich veranlaßt, drei verschiedene Formen anzunehmen, welche sie als $\alpha$-, $\beta$- und $\gamma$-Kadmium unterscheiden. Das elektrolytisch bei Zimmertemperatur niedergeschlagene Kadmium hat die metastabile $\gamma$-Form und geht allmählich in die beständige $\alpha$-Form über, wobei die EMK um etwa 3 mV fällt. Gegen 8proz. Kadmium geschaltet, zeigte das $\gamma$-Kadmium die EMK

$$E = 0{,}05047 - 0{,}000244\,(t - 25)\ \text{Volt}$$

$\alpha$-Kadmium dagegen $E = 0{,}04742 - 0{,}000200\,(t - 25)$ Volt.

Hieraus berechnet sich, daß beim umkehrbaren Übergang aus der $\gamma$- in die $\alpha$-Form bei 18° 739 cal auf das Grammatom Kadmium (also $\frac{1}{2} \cdot 739$ auf das Grammäquivalent) entwickelt werden. Jener bisher rätselhafte Unterschied 350 cal läßt sich also auf diese Weise deuten.

Dieser für die Reproduzierbarkeit der Kadmiumelektrode wichtige Befund erklärt auch die Beobachtungen von F. H. Getman und W. E. Gibbons[13]), welche in methylalkoholischen Kadmiumjodidlösungen die EMK von Konzentrationsketten maßen und dabei fanden, daß weder frisch gegossene Kadmiumstäbe noch elektrolytische Kadmiumniederschläge, sondern nur solche Stäbe,

die durch Stehen in der Lösung grau geworden sind, konstantes Potential besitzen.

**Flüssigkeitspotentiale.** W. Palmaer und K. Melander[14]) haben die Potentialdifferenz gemessen, welche zwei solche Lösungen eines sehr leicht löslichen Salzes gegeneinander zeigen, die zwar verschiedenen Gehalt an Salz, aber gleiche Leitfähigkeit besitzen, z. B. 11,8- und 1,5normale Lithiumchloridlösung. Weil beide Lösungen den Strom gleichgut leiten, nehmen die Verfasser an, daß auch die Ionen des Salzes in ihnen gleiche Konzentration haben. Die von ihnen beobachtete hohe Potentialdifferenz 0,14 V erklären sie dadurch, daß die Ionen des Lösungsmittels Wasser in beiden Lösungen verschiedene Konzentration besitzen, und berechnen, daß in der 11,8norm. Lithiumchloridlösung etwa 240mal so viel Wasserstoffionen vorhanden sind als in der 1,5norm. Lösung. Ein entsprechender Versuch mit 10,0- und 1,7normaler Chlorkalziumlösung lieferte ungefähr die gleiche Verhältniszahl. — R. Beutner[15]) hat zwei Stoffe, welche ein Ion gemein haben, den einen in Wasser, den andern in Nitrobenzol gelöst und das Berührungspotential beider Lösungen gemessen. Er findet, daß auch für solche Zusammenstellungen die Nernstsche Theorie der Konzentrationsketten gilt. — Mit der Zusammenstellung Urano-Uranylsulfat, welche beim Belichten ihr Potential ändert, hat sich G. Trümpler[16]) beschäftigt. Er erklärt diese Potentialverschiebung, den sog. Becquerel-Effekt, dadurch, daß die das Dunkelpotential bestimmende Reaktion im Lichte durch andere Reaktionen zurückgedrängt wird, und zwar schreibt er den negativen Effekt dem Auftreten von fünfwertigem Uran, den positiven Effekt achtwertigem Uran zu. Solche Zusätze, welche den Becquerel-Effekt schon in kleiner Menge beeinflussen, vermindern auch stark die Fluoreszenz von Uranylsulfatlösungen.

Auch eine mit Oxyd bedeckte Kupferelektrode ändert ihr Potential beim Belichten. Um diese Potentialänderung und hiermit die Aufladungsgeschwindigkeit im Lichte zu messen, gleicht A. Goldmann[17]) sie dadurch aus, daß er einen die Elektrode polarisierenden Strom ändert. Bei starker Belichtung „ermüdet“ die Elektrode; dies läßt sich dadurch, daß man sie rasch auf und abbewegt, fast ganz vermeiden. Die Ursache für das Ermüden ist also in der die Elektrode berührenden Flüssigkeitsschicht zu suchen. Durch weitere Verfolgung dieser Vorgänge hofft Goldmann für gewisse lichtempfindliche Körper die Einflüsse festzulegen, welche die Geschwindigkeit eines photochemischen Vorganges bedingen.

**Passivität.** D. Reichinstein[18]) betrachtet als Ursache der Passivität die Anhäufung von molekularem Sauerstoff in der wirksamen Oberfläche, z. B. von Nickelblech, das in Chromschwefelsäurelösung taucht. Dieser Sauerstoff hindert als Ballast die Auflösung des Metalles. Auf Grund seiner Messungen der Geschwindigkeit, mit welcher das Nickel sich auflöst, unterscheidet Reichinstein zwei passive Zustände: bei dem einen passiven Zustand ist die Konzentration der Sauerstoffmoleküle im „Elektrodenvolumen“ groß, die der Sauerstoffatome gering, bei dem anderen Zustand ist's umgekehrt. — A. Smits und A. H. W. Aten[19]) erklären hingegen die Passivität des Eisens durch die Annahme, daß im Eisen neben ungeladenen Metallatomen und freien Elektronen zwei Arten von Eisenionen vorhanden sind, welche im allgemeinen miteinander im Gleichgewicht stehen; die Störung dieses Gleichgewichtes wird als Passivität sichtbar. Dem im gewöhnlichen Eisen stets enthaltenen Wasserstoff schreiben sie die Rolle zu, die Herstellung dieses inneren Gleichgewichts zu beschleunigen.

## Elektrolyse.

**Coulometer.** Die Fehlerquellen des Silbercoulometers (das für die Bestimmung des Ampere die Grundlage gibt) sind von Th. W. Richards und F. O. Anderegg[20]) auf das sorgfältigste geprüft worden. Das abgeschiedene Silber schließt stets ein wenig vom Elektrolyt ein, welchen man durch schwaches Glühen austreiben muß. Sie empfehlen die Anode in eine kleine Tonzelle ein-

zuschließen, eine hochpolierte Kathode und reine Silbernitratlösung ohne Zusätze zu verwenden.

**Zersetzungsspannungen.** Die Zersetzungsspannung des radioaktiven Elementes Polonium ist von G. v. Hevesy und F. Paneth[21]) gemessen und daraus sein Normalpotential zu 0,57 V abgeleitet worden. — B. Neumann und E. Bergve[22]) haben die Zersetzungsspannungen von geschmolzenen Alkalihydroxyden, Alkali- und Erdalkalichloriden in weiten Temperaturbereichen gemessen. Bei 200 z. B. fanden sie für Natriumhydroxyd 2,32 V, für Kaliumhydroxyd 2,4 V. Für die Chloride fanden sie folgende Zersetzungsspannungen $\varepsilon$ und Temperaturkoeffizienten von $\varepsilon$:

| Salz | Temperatur | $\varepsilon$ | $-\frac{d\varepsilon}{dT} \cdot 10^3$ |
|---|---|---|---|
| Lithiumchlorid . . . | 630⁰ | 2,62 | 1,35 |
| Natriumchlorid . . . | 835⁰ | 2,6 | 1,46 |
| Kaliumchlorid . . . | 810⁰ | 2,8 | 1,51 |
| Kalziumchlorid . . . | 585⁰ | 2,85 | 0,69 |
| Strontiumchlorid . . | 615⁰ | 3,0 | 0,72 |
| Bariumchlorid . . . | 650⁰ | 3,05 | — |

Die Werte für die Erdalkalichloride wurden in Schmelzen bestimmt, deren Erstarrungspunkt durch Zusatz anderer Salze stark erniedrigt war. Weil die Zersetzungsspannung des Chlorkaliums und des Chlorkalziums verschieden rasch sich ändern, so ist oberhalb einer gewissen Temperatur das Kalzium positiver als Kalium.

## Entladungen in Gasen.

**Ozonbildung.** G. Lechner[23]) hat den Einfluß der Stromform auf die Ozonbildung untersucht. Er arbeitete erstens mit Wechselstrom der Zentrale von fast reiner Sinusform, der durch einen großen Induktor oder zweitens durch einen Öltransformator umgeformt wurde; drittens betrieb er den Induktor mit Gleichstrom und Quecksilberstrahlunterbrecher und viertens auf ähnliche Weise den Öltransformator. In einer Versuchsreihe verwendet Lechner einen Ozonapparat aus Glas und leitete Sauerstoff hindurch; in einer zweiten Reihe arbeitete er mit einem metallenen Apparat und Luft. Durch Regelung der Gasgeschwindigkeit hielt er die Ozonkonzentration im Liter auf 4 mg bei Sauerstoff und 5 mg bei Luft. Lechner fand, daß flachere Strom- und Spannungskurven für die Ozonausbeute vorteilhaft sind. Die metallene Ozonröhre richtete den Wechselstrom zum Teil gleich, was auf einer Unsymmetrie der Röhre beruht. Im übrigen werden durch die zahlreichen von Lechner gegebenen Kurvenbilder die Ergebnisse früherer Forscher bestätigt.

**Aktiver Stickstoff.** Die viel Aufsehen erregende Angabe von Strutt, daß durch elektrische Entladungen eine chemisch aktive Abart des Stickstoffes gebildet wird, welche sich nach dem Verlassen des Entladungsraumes durch Nachleuchten kenntlich macht, sind von A. König[24]) durch neue Versuche bestätigt worden. Der vielleicht aus freien Atomen bestehende aktive Stickstoff vermag z. B. mit Äthylen Zyanwasserstoff zu bilden. Den Verdacht, daß eine kleine Beimengung von Sauerstoff diese Erscheinungen verschulde, widerlegt König durch besondere sehr sorgfältige Prüfungen. Auch Sauerstoff zeigt, wie König feststellt, ein, wenn auch schwaches Nachleuchten. Diese aktiven Abarten beider Gase, welche sich bei Zimmertemperatur zu Stickoxyd vereinigen, sind bei einigen mm Quecksilber einige Zeit, bei Atmosphärendruck nur innerhalb der Entladungsbahn beständig. König vermutet, daß im elektrischen Flammenbogen diese Bildung von aktivem Stickstoff und Sauerstoff der Stickoxydbildung vorausgeht, daß also dieser Vorgang, auf welchem die technische Gewinnung von Luftsalpetersäure beruht, ein elektrischer Vorgang ist und kein thermischer, wie man meist annimmt.

[1]) Paul, Z. Elchemie Bd 21, S 544. — [2]) Washburn u. Millard, J. Am. Chem. Soc. Bd 37, S 694. — [3]) Heydweiller, Z. phys. Chem. Bd 89, S 281. — [4]) Normand, J. Chem. Soc. Bd 107, S 285. — [5]) Pearce, J. Phys. Chem. Bd 19, S 14. — [6]) Moles u. Gomez, Z. phys. Chem. Bd 90, S 599. — [7]) Doroschewski u. Dworschantschik, J. Russ. phys. chem. Ges. Bd 46, S 1676. — [8]) Jones, Davis u. Putman, Z. phys. Chem. Bd 90, S 481. — [9]) Sandonnini, Atti Accad. Lincei Bd 24 I, S 616. — [10]) Sandonnini, Atti Accad. Lincei Bd 24 I, S 842. — [11]) Volmer, Z. Elchemie Bd 21, S 113. — [12]) Cohen u. Heldermann, Z. phys. Chem. Bd 89, S 287, 497, 728. — [13]) Getman u. Gibbons, J. Am. Chem. Soc. Bd 37, S 953. — [14]) Palmaer u. Melander, Z. Elchemie Bd 21, S 418. — [15]) Beutner, J. Am. Chem. Soc. Bd 36, S 2045. — [16]) Trümpler, Z. phys. Chem. Bd 90, S 385. — [17]) Goldmann, Z. Elchemie Bd 21, S 73; Ann. Phys. R 4, Bd 44, S 901. — [18]) Reichinstein, Z. Elchemie Bd 21, S 359. — [19]) Smits u. Aten, Z. phys. Chem. Bd 90, S 723. — [20]) Richards u. Anderegg, J. Am. Chem. Soc. Bd 37, S 7, 675. — [21]) v. Hevesy u. Paneth, Monatshefte f. Chemie Bd 36, S 45. — [22]) Neumann u. Bergve, Z. Elchemie Bd 21, S 143. — [23]) Lechner, Z. Elchemie Bd 21, S 309. — [24]) König, Z. Elchemie Bd 21, S 267.

---

# XVII. Elektrophysik.

Elektropkysik. Von Dr. Walter Block, Berlin. — Elektromedizin und Elektrobiologie. Von Dr. Gustav Großmann, Berlin.

## Elektrophysik.

Von Dr. Walter Block.

**Allgemeines. Elektrodynamik.** Ursprünglich ging die Relativitätstheorie von elektrodynamischen und optischen Versuchen aus und suchte Bewegungsgleichungen, die mit der Erfahrung übereinstimmten, aufzustellen; insbesondere H. Minkowski gab ihr eine universelle Wendung und teilte der Relativitätsforderung eine ähnliche allumfassende Rolle zu wie etwa dem Energieprinzip. Zunächst einmal ist diese Theorie weniger für die Elektrodynamik von Bedeutung geworden als für mechanische Gebiete, in dem Ersatz der Newtonschen Schwerkraftstheorie durch eine neue, anscheinend leistungsfähigere. A. Einstein[1]) im wesentlichen gelang es, eine neue Theorie der Gravitation auf Grund relativitätstheoretischer Gedankengänge zu schaffen, die sich der Newtonschen überlegen erweist. Die z. B. dieser Theorie nicht einzuordnende Perihelbewegung des Merkur konnte er unter Aufrechterhaltung der Keplerschen Gesetze, ohne für die anderen Planeten Widersprüche mit der Erfahrung herbeizuführen, in ihrer Größe erklären. Auf elektrodynamischem Gebiet führte die Theorie zu keinem neuen Erfolge; es sei zur Einführung in die gesamte Theorie auf die Schrift von A. Brill[2]) aufmerksam gemacht. — M. Planck[3]) weist nach, auf Grund Einstein-Fokkerscher Sätze, daß die Gesetze der klassischen Elektrodynamik mit Notwendigkeit zum Rayleighschen Strahlungsgesetz führen. Nimmt man also auf Grund quantentheoretischer Vorstellungen die Emission der Wärmestrahlung als unstetig an, so kommt man zu der von der Erfahrung bestätigten Strahlungsformel. — Der experimentelle Nachweis, daß der magnetische Zustand durch kreisende Teilchen gemäß der Ampèreschen Theorie hervorgerufen wird, ist A. Einstein und J. W. de Haas[4]) gelungen, indem sie eine Präzessionsbewegung eines magnetischen Körpers feststellten, sobald seine Magnetisierung verändert wurde. Die immerhin nur sehr kleinen Drehkräfte wurden durch eine Resonanzmethode verstärkt; vgl. S 197. — Die Grundbegriffe der physikalischen, insbesondere elektrischen Wellenlehre sucht K. Uller[5]) in einer Reihe von Aufsätzen streng darzustellen und von Unrichtigkeiten zu befreien. Wegen der Einzelheiten muß auf diese Arbeiten selbst verwiesen wer-

den. — Über den Halleffekt ist eine Reihe von Arbeiten erschienen. H. Zahn[6]) maß ihn bei Gleich- und Wechselstrom in Wismut und Antimon, wobei sich herausstellte, daß er bei Wechselstrom kleiner war, indessen um höchstens 5%. Man muß nach seinen Ergebnissen zwischen einem adiabatischen und einem isothermen Effekt unterscheiden, wie es die Gaußsche Theorie verlangt, die also damit bestätigt wird. Die Abhängigkeit des Effektes von der Temperatur maß W. Frey[7]) und stellte insbesondere die Wirkung an den Umwandlungspunkten von Eisen und Nickel fest. Der Vollständigkeit wegen sei erwähnt, daß eine große Reihe italienischer Arbeiten bekannte Dinge als neu bringt. Sie sind in einer der Arbeiten von Zahn zusammengestellt.

Schließlich sei noch auf eine interessante Zusammenstellung von F. Auerbach[8]) hingewiesen, der die Beteiligung der einzelnen Nationen an der Elektrizitätswissenschaft behandelt und nachweist, daß die Deutschen dabei nicht in letzter Linie zu nennen sind.

**Elektrostatik.** In einer Arbeit „Geometrisches zur elektrischen Festigkeitsrechnung“ leitet J. Spielrein[9]) eine Anzahl Eigenschaften besonderer Kraftfelder ab. Seine Ergebnisse wendet er dann auf den besonderen Fall eines elektrostatischen Kraftfeldes zwischen zwei geladenen Leiteroberflächen an, und er gibt für den Sonderfall des Kraftlinienbildes einer Luftdurchführung für Hochspannungsisolatoren die günstigste Gestalt der Leiteroberflächen an. Man vergleiche dazu die unten erwähnte Arbeit von Kuhlmann; vgl. S 217. — Anknüpfend an frühere eigene Arbeiten und solche des Heidelberger Laboratoriums geht P. Lenard[10]) sehr ausführlich auf das Problem der Wasserfallelektrizität ein. Er kommt zu dem Ergebnis, daß die elektrische Doppelschicht, deren Vorhandensein an Flüssigkeitsoberflächen durch den Wasserfalleffekt angezeigt wird, nicht auf Kontaktelektrizität zwischen Gas und Flüssigkeit beruht, sondern daß ihr Sitz ganz im Innern der Flüssigkeit ist, derart, daß die äußerste Molekülschicht negative, die inneren positive Ladungen tragen. Die verschiedenen Formen des Wasserfalleffektes, auch sein Fehlen in gewissen Fällen, lassen sich dadurch verstehen, daß jedesmal das Zerreißen jener Doppelschicht maßgebend ist. Die Anwendung der Theorie auf die Gewitter erscheint zulässig und aussichtsvoll.

Mehrfach sind die Kontaktpotentiale sowie ihre Beziehungen zu lichtelektrischen Erscheinungen der Gegenstand von Untersuchungen gewesen. So findet A. L. Hughes[11]), daß im Vakuum destilliertes Zink oder Wismut eine nur sehr kleine Potentialdifferenz gegen Platin haben, solange sie nicht mit Luft in Berührung gewesen sind. Sie wächst aber bei Luftzutritt bis zu einem Maximum, das dann abnimmt bis zu einem von der Luft unabhängigen Wert. Die Änderung geht von der Oberfläche des destillierten Metalles aus. Eine Fehlerquelle kann hierbei, wie F. Sanford betont, das erwärmte Glasrohr verursachen, das an der warmen Stelle elektronegativ gegen die kältere ist. A. C. Hennings bemerkt dazu, daß die Photoempfindlichkeit um so mehr der Voltareihe parallel geht, je frischer die Metalloberflächen sind, wenn sie im höchsten Vakuum hergestellt wurden. Die Größe der Kontaktpotentiale ist vom umgebenden Gasdruck unabhängig, dagegen werden die Metalle mit zunehmendem Alter mehr elektronegativ. Beleuchtung mit ultraviolettem Licht bewirkt starke, langsam zurückgehende Änderungen. Es gewinnt den Anschein, als ob die Oberflächenschichten auf den Metallen gewissermaßen ein mechanisches Hindernis für den Elektronenaustritt darstellen. Die chemische Theorie ist mit den Messungen nicht in Einklang zu bringen. Es kommt anscheinend nur die Fähigkeit der einzelnen Stoffe in Betracht, Elektronen mehr oder weniger leicht abzugeben.

Eine sehr interessante Frage, nämlich nach dem Gesetze der Entstehung der Reibungselektrizität auf Isolatoren behandelt W. M. Jones[12]). Ihr Inhalt entzieht sich, da sich allgemeine Gesetze nicht aufstellen ließen, einer gekürzten Wiedergabe, so daß es genügen muß, auf sie hinzuweisen.

Über Pyro- und Piezoelektrizität ist eine Anzahl Arbeiten von W. Voigt[13]) und seinen Schülern veröffentlicht worden. Die Arbeiten knüpfen zum Teil an eine

frühere Arbeit von Röntgen an, und es wird festgestellt, worin die Unterschiede in den Ergebnissen beider ihre Ursachen haben könnten. Jedenfalls zeigt sich, daß beide zu der Feststellung kommen, daß theoretische Gründe das Vorhandensein wahrer Pyroelektrizität wahrscheinlich machen. Genauer wird die piezoelektrische Erregung eines Kreiszylinders durch Drillung und Biegung untersucht und dabei werden besonders die sekundären Wirkungen berücksichtigt. Gerade in diesem Fall lassen sich deren Einflüsse genauer feststellen, und es zeigt sich, daß sie in den untersuchten Fällen unwesentlich sind.

**Thermoelektrizität.** Von Arbeiten, die sich mit Einzelfragen beschäftigen, sind folgende zu nennen: E. L. Dupuy und M. Portevin[14]) behandeln die thermoelektrischen Eigenschaften von Spezialstählen, von denen sie eine große Anzahl Proben untersuchen. Es ließen sich indessen allgemeine Gesetzmäßigkeiten nicht auffinden. Wohl aber gestatten die Versuche Rückschlüsse über die Löslichkeitsgrenzen und die Entstehung von Doppelkarbiden zu ziehen. Sie sind jedenfalls metallographisch von Wert. H. Pélabon[15]) benutzt die thermoelektrische Methode zum Studium der Selen-Antimonlegierungen, wobei er findet, daß nur eine Verbindung $Sb_2 Se_3$ existieren kann. Beim Schmelzen erfährt die Thermokraft keine Unstetigkeit. Gerade diese Frage ist allgemein noch nicht befriedigend gelöst, und sie hat eine Abhandlung von J. Koenigsberger[16]) zum Gegenstand, der genauer auf die vorliegenden theoretischen Unterlagen dafür eingeht, aber feststellen muß, daß die Frage noch nicht sicher entschieden ist. Mit dem Thomsoneffekt, dem Auftreten eines Temperaturgefälles beim Stromdurchfluß, beschäftigt sich A. G. Worthing[17]) an Wolfram, Tantal und Kohle bei Glühtemperaturen, indem er die Strahlung eines Glühlampendrahtes als Funktion der Entfernung von der kalten Lötstelle und der Temperatur der entsprechenden Teile des Drahtes beim Heizen mit Gleich- und Wechselstrom mißt. Er kann damit die Konstanten des Thomsoneffekts berechnen.

Von besonderer Wichtigkeit ist die allgemeine Arbeit von E. Riecke[18]) über die Elektronentheorie der thermoelektrischen und elektrothermischen Erscheinungen. Er verbessert darin seine ältere Theorie und gelangt jetzt zu einer vollständigen Übereinstimmung mit der von H. A. Lorentz. Im einzelnen behandelt die Arbeit die Leitung durch Wärme und Elektrizität, die kontaktelektromotorische Kraft und Thermokraft, und endlich die Wärmewirkungen des galvanischen Stromes im Thermokreis. Von besonderem Werte ist seine Theorie noch insofern, als sie an mehreren Stellen einen Vergleich mit dem Versuch ohne weiteres zuläßt.

**Elektrische Leitung.** Mit allgemeinen Problemen über elektrische Leitung in Metallen beschäftigt sich zunächst eine Arbeit von J. J. Thomson[19]), der an die Kamerlingh Onnesschen Versuche anknüpft. Die von ihm entdeckten Erscheinungen können durch die übliche Elektronentheorie nicht erklärt werden, wohl aber, wenn man in Metallen die Anwesenheit von elektrischen Dubletts, zwei entgegengesetzten Ladungen in kleinem Abstand voneinander, annimmt. Während diese im normalen Zustand unregelmäßig liegen, werden sie unter Einwirkung gewisser Kräfte sich parallel zu stellen suchen. Auch das wird immer nur ein gewisser Bruchteil tun können, während bei tiefen Temperaturen alle dem entgegenwirkenden Umstände fortfallen und damit Überleitfähigkeit eintreten kann. Aus dieser Theorie leitet dann O. W. Richardson eine Formel für die Leitfähigkeit ab, die einige Übereinstimmung in ihren Konstanten mit sonst bekannten Werten gibt. Auf eine Anzahl Arbeiten über die Elektronentheorie der metallischen Leitung von G. H. Livens[20]) sei nur hingewiesen. — Mit der Frage des Zusammenhanges zwischen thermischer und elektrischer Leitfähigkeit beschäftigt sich W. Meißner[21]) (vgl. JB 1914, S 204). Es zeigt sich, daß die von Lorentz vermutete Annahme der Konstanz von $\lambda/\varkappa T$ ($\lambda$ thermische, $\varkappa$ elektrische Leitfähigkeit, $T$ abs. Temperatur) in tiefen Temperaturen auch nicht angenähert zutrifft. Merklich besser ist die Übereinstimmung nach der Grüneisenschen Formel; es ist indessen fraglich, ob

man diese überhaupt für ganz niedrige Temperaturen als gültig ansehen kann. Eine andere Prüfung dieser letzten Theorie nimmt B. Beckmann[22]) vor, der den Druckeinfluß untersucht und bei einigen Metallen sehr gute Übereinstimmung findet, bei anderen aber nur eine angenäherte und bei Hg und Bi gar keine. — Eine eigenartige Erscheinung bei Stromdurchgang durch einen U-förmig hängenden, unten gespannten, stromdurchflossenen Draht entdeckten F. Streintz und A. Wesely.[23]) Ein solcher Draht gerät bei Stromdurchgang, unabhängig ob Gleich- oder Wechselstrom, in Schwingungen, wobei sich Grund- und Obertöne feststellen ließen und auch hörbar wurden. Die Erscheinung steht im Zusammenhang mit dem sog. Longitudinaleffekt von Melde. — Einzelne besondere Untersuchungen behandeln folgende Arbeiten: G. K. Burgeß und J. N. Kellberg[24]) prüfen die Widerstandseigenschaften von reinem Eisen in seiner Temperaturabhängigkeit und finden eine Abhängigkeit von der Art der Temperaturänderung. Der Übergangspunkt von dem ferro- in den paramagnetischen Zustand hat eine gewisse Ähnlichkeit mit einem Schmelzpunkt und eine andere, noch höher gelegene mit einem Kristallisationspunkt. Bei Wechselstrom ist der Widerstand von Eisen ja verschieden von dem Gleichstromwiderstand, es nimmt, wie W. Peukert[25]) in einer Reihe von Tabellen und Kurven mitteilt, das Verhältnis beider ab, so daß also für Eisendrähte die „zusätzliche“ Stromwärme mit wachsender Temperatur kleiner wird. Die tatsächlichen Verhältnisse beim Stromdurchgang von Wechselstrom, wie sie praktisch von Bedeutung sind, behandelt Fr. W. Esch[26]), insbesondere von dem Standpunkt aus, daß sie als Ersatz von Kupferleitungen in Frage kommen sollen. Die besondere Eigenschaft der Leitfähigkeit von Karborund behandelt H. Lux[27]); er stellt insbesondere einen sehr starken negativen Temperaturkoeffizienten fest. Außerdem findet sich eine kritische Potentialdifferenz, die auch bei Veränderung der Stromstärke, wenn sie einmal erreicht ist, nahezu unverändert bleibt. Unterschiede für Gleich- und Wechselstrom ergaben sich nur insofern, als Karborund eine kleine Gleichrichtewirkung zeigt. Ähnlich verhalten sich auch Bleiglanz, Eisenkies und Spießglanz. Die merkwürdigen Widerstandseigenschaften von Tellur bei wechselndem Druck untersucht B. Beckmann.[28])

Mit den Zusammenhängen zwischen Widerstand und magnetischen Einflüssen beschäftigen sich mehrere Arbeiten. Das wichtige Wismut behandelt sehr eingehend J. Brentano[29]), der allerdings das Hauptgewicht auf die Feststellung der Einflüsse von Druckänderungen legt, und auf die Unterschiede bei Gleich- und Wechselstrom. Welchen Einfluß ein Magnetfeld auf den Gleichstromwiderstand von Graphitkristallen hat, untersucht G. E. Washburn[30]), der daneben das interessante Ergebnis findet, daß das Verhältnis der Leitfähigkeit eines Kristalls in verschiedenen Richtungen bis zu 100 ansteigt. Die Widerstandseigenschaften ließen sich recht übersichtlich darstellen. C. W. Heaps[31]) prüft an Eisen und Nickeldrähten die Zusammenhänge zwischen Magnetostriktion und Widerstandsänderung im Magnetfeld. Bei longitudinalem Magnetfeld ist eine einfache Beziehung zwischen beiden zu erwarten, bei transversalem wird der Zusammenhang schwieriger, da hierbei eine magnetische Einwirkung auf die Elektronen, in einer Ablenkung ihrer Bahnen bestehend, hinzukommt. Das bestätigt sich auch vollständig. Allgemein ergibt sich, abgesehen von Eisen bei einem Querfeld, daß Kontraktion stets mit einer Widerstandszunahme, Ausdehnung mit einer Abnahme verbunden ist. Bei Nickel liegen die Verhältnisse viel einfacher wie bei Eisen.

**Dielektrika.** Von theoretischen Arbeiten über Dielektrika ist eine von K. Czukor[32]) zu erwähnen, der unabhängig von J. Boguslawski (JB 1914, S 206) zu sehr ähnlichen Ergebnissen kommt. Er geht von der Annahme aus, daß in den Kristallen, die den Pyroeffekt zeigen, die Moleküle asymmetrisch gebunden sind. Hieraus ließ sich eine Theorie des Effektes ableiten. Unter Berücksichtigung der Ähnlichkeit der thermischen und dielektrischen Polarisation soll diese Eigenschaft auch den Dielektrizis zukommen. Das führt dann zu einer Formel, die die Temperaturabhängigkeit der Dielektrizitätskonstanten

einiger Flüssigkeiten gut wiedergibt. Gegenüber jenem weist er auf eine größere Allgemeinheit seiner Rechnungen, eine strengere Behandlung der Theorie der Pyroelektrizität und einige neu hinzugekommenen Ergebnisse hin. Die experimentell zu entscheidende Frage nach der Existenz ponderomotorischer Kräfte auf ein Dielektrikum, das im Magnetfeld von Verschiebungsströmen durchflossen wird, greift R. H. Goddard[33]) auf, der sie in einer grundsätzlich schon von J. B. Whitehead angegebenen Anordnung zu lösen versucht. Leider ist die Arbeit aus äußeren Gründen nicht zu Ende geführt worden, es zeigte sich indessen der erwartete Effekt, aber nur halb so groß wie nach der Berechnung angenommen wurde. Weitere Ergebnisse müssen also abgewartet werden. — K. W. Wagner[34]) hat seine Untersuchungen (JB 1914 S 206) weiter fortgeführt und berichtet über Versuche an verschiedenen Isolierstoffen. Aus den Messungen ergibt sich, daß seine Theorie der dielektrischen Nachwirkung ohne weiteres anwendbar ist, wenn es sich um feste Stoffe wie Guttapercha u. a. handelt. Bei feuchtigkeitshaltigen Faserstoffen ist dagegen neben dem Nachwirkungsvorgang noch ein eigenartiger Leitungsvorgang übergelagert, der das Ohmsche Gesetz nicht befolgt. Diese Leitfähigkeit erreicht erst allmählich nach Anlegen der Spannung einen konstanten Wert. Sie läßt sich im Anschluß an eine Hypothese von Evershead erklären. Als praktisch bedeutsames Ergebnis sei noch erwähnt, daß es gelungen ist, eine Anzahl Guttaperchamischungen und -Ersatzmittel ausfindig zu machen, die für Fernsprechkabel mit großer Reichweite besonders geeignet sind. — Auch im wesentlichen theoretische Ziele hat eine Arbeit von F. Tank[35]) über den Zusammenhang der dielektrischen Effektverluste in Kondensatoren mit den Anomalien der Ladung und Leitung. Er führt seine Messungen an festen und flüssigen Stoffen aus und findet, daß die Verluste bei festen Stoffen im wesentlichen von dielektrischer Nachwirkung herrühren und aus zwei durch statische Messungen bestimmbaren Materialkonstanten berechenbar sind. Die Verluste durch Joulesche Wärme bleiben unter 1%, andere sind nicht nachweisbar. Bei flüssigen Dielektrizis sind die Wechselstromverluste auf Ionenleitung zurückzuführen und verschwinden mit zunehmender Reinheit der Substanz. Die Ergebnisse bestätigen die v. Schweidler-Wagnersche Theorie. — Eine theoretisch sehr wichtige Frage behandeln endlich Versuche von H. Rubens[36]), der die Maxwellsche Theorie nachprüft, nach der ein Zusammenhang zwischen dem Reflexionsvermögen und der Dielektrizitätskonstanten isolierender fester Körper bestehen muß, was in ähnlicher Weise für Metalle (Reflexionsvermögen und Leitfähigkeit) schon längst erwiesen ist. Diese Maxwellsche Beziehung zeigte sich tatsächlich als erfüllt. Die Flüssigkeiten wiesen allerdings ein völlig anderes Verhalten auf, das aber auf Grund der Debyeschen Theorie (JB 1912, S 201) bequem zu erklären ist.

Von im wesentlichen experimentell-praktischen Arbeiten seien folgende erwähnt: F. Kock[37]) untersucht die Abhängigkeit der Durchschlagfestigkeit von Isolierstoffen vom Druck, die bei flüssigen und halbfesten bis zu 20 atm etwa dem Druck proportional steigt, und bei festen bis zu 50 atm unabhängig vom Druck ist. Interessant ist, daß im ersten Fall die Festigkeit nahezu unabhängig von der Schichtdicke sein soll. Die charakteristische Konstante für die Durchschlagfestigkeit ist nicht die bei Atmosphärendruck gemessene, sondern bei einem etwas höheren. H. L. Curtis[38]) prüft besonders den Oberflächenwiderstand von Isolierstoffen, der im wesentlichen von der Wasserschicht auf ihm abhängt. Nur Paraffin und Wachs bilden eine Ausnahme, da bei ihnen sich keine zusammenhängende Wasserschicht ausbildet, was ihre Verwendung bei Feuchtigkeit ermöglicht. Die Temperatur hat wenig Einfluß auf die Vorgänge. Für Hartgummi ist aber, wie ja schon längst bekannt, ultraviolettes Licht sehr gefährlich. Die geringsten Spuren Fremdkörper, insbesondere ein Salzgehalt im Wasser, machen sich sehr stark bemerkbar. Es sei auch noch auf eine umfassende experimentelle Arbeit des gleichen Verf. über die isolierenden Eigenschaften fester Dielektrika aufmerksam gemacht, die besonders dadurch wertvoll ist, daß sie eine eingehende Zusammenstellung eines wich-

tigen Zahlenmaterials nach eigenen und zuverlässigen fremden Messungen für rund hundert verschiedene Isolierstoffe bringt. K. Kuhlmann[39]) gibt zeichnerisch die Kraftlinienverteilung in der Umgebung von Hochspannungsisolatoren und Wanddurchführungen an; die so erhaltenen Kraftlinienbilder lassen die Möglichkeiten einer Überschlagsgefahr usw. leicht erkennen und zugleich beurteilen, ob die Konstruktionen elektrisch zweckmäßig sind. Endlich sei noch der Vollständigkeit wegen auf eine Arbeit von J. Faßbinder[40]) über die elektrische Leitung in Äthyläther hingewiesen, die indessen mehr elektrochemisch von Bedeutung ist, da sie das Problem der Elektronenbildung durch die benützten Elektroden behandelt.

**Lichtempfindlichkeit von Selen.** Die meisten Untersuchungen über diese Frage leiden darunter, daß es so sehr schwierig ist, reine Versuchsbedingungen zu schaffen. Es ist deswegen auch noch keineswegs gelungen, darin einige Klarheit zu schaffen. Es sei nur eine Arbeit von G. E. Grantham[41]) erwähnt, der den Zeitfaktor in der Widerstandsänderung von Selen nach Aufhören der Belichtung analysiert, und im engen Anschluß an die Theorie von F. C. Brown über die drei Komponenten auch die erhaltenen Kurven erklären kann. Den Einfluß der Abkühlung auf das Verhalten der Selenzellen untersucht E. O. Dieterich[42]), der zu dem Ergebnis kommt, daß je nach ihrer Art und Weise verschiedene Strukturen mit verschiedenen Eigenschaften sich bilden. Eine größere Anzahl Arbeiten über alle diese Fragen veröffentlicht, zum Teil mit seinem Mitarbeiter L. P. Sieg, F. C. Brown[43]), der insbesondere jetzt die Versuche an vollständigen Kristallen, wie schon JB 1914, S 202 angedeutet, als besonders aussichtsvoll fördert. Auch sie zeigen je nach der Art ihrer Entstehung verschiedene Eigenschaften. Auch bei ihnen zeigt sich ein geringer Einfluß der Elektroden, der aber nur zweiter Ordnung ist. Das Auftreten der Leitfähigkeit ist, wie alle Versuche zeigen, nicht eine Oberflächen-, sondern eine Volumenerscheinung. Besonders erwähnt seien noch Versuche über die Geschwindigkeit der Effektübertragung in Selenkristallen, die nur Bruchteile von Sekunden bedarf. Wärmeleitung kommt dafür nicht in Frage, vielleicht eine Struktur- oder Elastizitätsänderung oder diffuse Strahlung im Kristall.

Eine elektronen-theoretische Erklärung der Vorgänge ist möglich, es ist aber dabei die Annahme von Leitungselektronen, die im Kristall verschieden stabil gebunden sind, und freien Elektronen erforderlich. Es ist möglich, daß in Selenkristallen ähnliche Vorgänge, bestehend in Trennungen und Vereinigungen von Elektronen und Atomen, vor sich gehen wie in ionisierten Gasen. Daneben können auch noch reine lichtelektrische Erscheinungen auftreten. — Eine ausgewählte Zusammenstellung mit einer Reihe eigener Versuche über die Lichtmessung mit Selen veröffentlicht W. Jaenichen.[44]) — Ob Selenzellen zu Energiemessungen im praktischen Röntgenbetrieb zu brauchen sind, untersucht F. Voltz[45]), kommt aber dabei im Gegensatz zu R. Fürstenau zu dem Ergebnis, daß Zeit, Unterbrechungsfrequenz und selektive Absorption das hindern. Diesem ist es wohl gelungen, eine bisweilen brauchbare Zelle herzustellen, die aber trotzdem bei Änderung der Betriebsart Fehler verursacht. Die Fürstenausche Zelle ist nur zu anderem Zweck, z. B. Ultraviolettmessung ohne Fehler zu verwenden, so daß zurzeit eine Messung an Röntgenstrahlen mit Selen noch nicht möglich erscheint.

**Tiefe Temperaturen.** H. Kamerlingh Onnes[41]) setzt seine Versuche fort und findet bei 1,8⁰ abs. nur noch $0{,}2 \cdot 10^{-10}$ des Widerstandes bei gewöhnlichen Temperaturen. Er kann z. B. einen Ampèreschen Molekularstrom nachahmen. Eine andere Arbeit hat bei Gadoliniumsulfat das Auftreten paramagnetischer Sättigung zum Gegenstand. Das Fortdauern von Strömen in geschlossenen Spulen hat seinen Grund in bleibenden Foucaultströmen von der äußeren Seite des Spulendrahtes zu seiner inneren. Der Grenzwert der Stromstärke in einem Leiter ist hauptsächlich ein Grenzwert für die Stromdichte des Leitermaterials. Weiter wurde der Halleffekt bei tiefen Temperaturen studiert; endlich zeigten Versuche an Widerstandsmaterialien, daß gerade Gold als Material

für Widerstandsthermometer bei tiefsten Temperaturen gut verwendbar ist, und merkwürdigerweise auch Manganin und Konstantan. — Zum Schluß sei noch ein Bericht von J. Clay[47]) über dieses ganze Gebiet erwähnt.

**Wechselströme und Hochfrequenz.** Über eine strenge Definition des Begriffes der induzierten elektromotorischen Kraft, der man eine physikalische Existenz nicht zuschreiben kann, sowie des primären und sekundären Streuungsanteils veröffentlicht W. Rogowski[48]) zwei Abhandlungen. Derselbe gibt auch praktisch brauchbare Formeln über den Wechselstromwiderstand von langen und kurzen Drahtspulen aus Litzen an, über die auch H. G. Möller schreibt, der auf die bisherigen Ergebnisse eingeht, die Theorie weiter ausbaut und für die Praxis Kurventabellen angibt. J. Spielrein[49]) berechnet die Induktivität eisenfreier Kreisringspulen, deren Höhe klein gegenüber ihrem Durchmesser ist, und S. Butterworth[50]) die Induktionskoeffizienten koaxialer Spulen, bei welchen das Verhältnis des inneren zum äußeren Durchmesser von der Einheit wesentlich verschieden ist.

Von Arbeiten über die Theorie und Praxis elektrischer Leitungen ist zunächst eine von F. Breisig[51]) zu nennen, der in einem mechanischen Modell die elektrischen Vorgänge veranschaulicht, wobei sich weitgehende Ähnlichkeit herausstellt. Eine allgemeine Theorie eines „Kettenleiters", deren Spezialisierung eine große Anzahl der praktisch wichtigen Fälle ergibt, veröffentlicht K. W. Wagner.[52]) Mehr praktische Fragen behandeln L. Binder[53]), der Messungen über die Form der Stirn der Wanderwellen veröffentlicht, wie sie im praktischen Betrieb bei Schaltvorgängen vorkommen, und J. A. Fleming[54]), der Vorschriften über die Berechnung von Strom und Spannung an den Enden von Wechselstrom(Fernsprech)-Leitungen mitteilt.

Über Gleichrichteerscheinungen liegen Arbeiten von R. Hartsough[55]) vor, der aus etwa 1000 verschiedenen Kombinationen von 100 Stoffen einen Siliziumkohlenkontakt als brauchbar ausfindig macht, sodann mehrere zusammenhängende, die alle die Gleichrichteeigenschaften von Einrichtungen, die mit Thermoionen arbeiten, zum Gegenstand haben, also an J. Langmuir[56]) anknüpfen; diese Einrichtungen, zu denen auch die Liebenröhre gehört, sind auch als Verstärker in der Telephonie von Bedeutung.

Mit den Vorgängen bei Funkenentladungen und Lichtbögen beschäftigen sich eine große Reihe von Arbeiten. W. Grotrian[57]) untersucht ausführlich den langen Gleichstromlichtbogen der aus der Praxis bekannten Schönherrschen Anordnung, für dessen Charakteristik das Gas in der Hauptsache, das Elektrodenmaterial nur nebenher von Bedeutung ist. Wegen der Einzelheiten muß auf die Arbeit selbst verwiesen werden. Über die Frage der Erzeugung ganz kurzer Wellen handelt eine Arbeit von O. Droysen[58]), der dabei hauptsächlich die Löschfunkensender berücksichtigt und die Funkendämpfung in ihrem Einfluß studiert. Die Vorgänge beim Durchbohren von Glas durch Funken behandelt eine interessante Arbeit von G. Quincke[59]), der die Erscheinungen mit seiner Theorie der Schaumwände in Verbindung bringt. Bei Entladungen zwischen zwei verschiedenen Metallen tritt nach M. Rich[60]) an der positiven Elektrode ein schnellerer Funkenübergang ein als an der negativen; ein bestimmtes Gesetz ließ sich aber nicht finden. Die Funkenerscheinungen am Induktionsspulen, besonders das Verhalten des ersten Funkens untersucht W. G. Baker.[61]) Funkenpotentiale bei Hochfrequenz bei Kugelfunkenstrecken maßen J. C. Clarc und H. J. Ryan.[62]) H. Masing und H. Wiesinger[63]) prüften die Simonsche Theorie der Lichtbogenhysterese bei Löschvorgängen in Funkenstrecken und fanden sie bestätigt. Endlich konnten F. Janus und F. Voltz[64]) die Entladungskurven hochgespannter Ströme photographisch und auch als Demonstrationsversuch festlegen. Sie bedienten sich dabei einer Glimmlichtröhre. Die Darstellung erfolgt in Polarkoordinaten.

Mit besonderen Problemen über elektrische Wellen beschäftigt sich zunächst M. Ehrhardt[65]), der nachweist, daß in einem störungsfreien Gebiet die Ausbildung der Interferenzkurven bei elektrischen Schwingungen in Luft

und Drähten genau der Maxwellschen Theorie entspricht. In einer rein theoretischen Arbeit von K. Uller[66]) (vgl. oben die anderen Arbeiten des gleichen Verfassers) über die Brechung und Zurückwerfung elektrischer Wellen an kristallinischen Medien wird eine ganz allgemeine Struktur der Wellen abgeleitet und die gebrochene und zurückgeworfene dargestellt. Die Ausbreitung elektrischer Wellen in einem leitenden Ring und Zylinder berechnet A. Signorini.[67]) Sodann sei eine vorläufige Mitteilung von H. Zahn[68]) erwähnt, nach der er auf Grund theoretischer Überlegungen Wellen an dielektrischen Drähten (Flüssigkeiten in Glasröhren) nachweisen konnte. Endlich veröffentlichen G. Leimbach und Löwy[69]) eine zusammenstellende Abhandlung über ihre Methoden zur Erforschung des Erdinnern mit elektrischen Wellen (vgl. JB 1912, S 199; 1914, S 157).

Zum Schluß sei noch ein Aufsatz von R. Richter[70]) über die zusätzliche Stromwärme und die Abnahme des Wechselstromwiderstandes mit der Temperatur erwähnt, wobei eine Anwendung auf den praktischen Elektromaschinenbau gegeben wird.

**Elektronentheorie.** Die Ehrenhaftschen Versuche erregen noch immer das lebhafte Interesse und haben eine Anzahl Veröffentlichungen veranlaßt, von denen solche von jenem selbst und von E. Meyer und W. Gerlach, F. Zerner, H. Fletcher, E. Schroedinger und D. Konstantinowsky, A. Schidlof und M. v. Smoluchowski erwähnt seien. Es gewinnt den Anschein, als ob grundsätzlich das Auftreten von Subelektronen nicht mehr angezweifelt wird.[71])

Über neue Versuche über Elektronenemission bei chemischen Reaktionen berichten G. Just und F. Haber[72]) (JB 1912, S 200). Auch über die Elektronenemission glühender Körper und damit zusammenhängende Fragen sind, abgesehen von der oben erwähnten von Langmuir, mehrere Arbeiten zu verzeichnen. So eine von W. Schlichter[73]), der die praktisch bedeutsame Frage untersucht, ob brauchbare „Glühelemente“ möglich sind. Er bejaht das wohl, findet sie aber wegen des hohen Strahlungsverlustes sehr unökonomisch. W. Germershausen[74]) findet, daß das Abnehmen des Effekts bei der CaO-Elektrode ebenso wie bei Wolfram durch Restgase verursacht wird. Nach Entfernung dieser wird die Elektronenabgabe bedeutend gesteigert, wobei ein konstanter Effekt eintritt. Die Theorie von Langmuir und Schottky wird bestätigt. Endlich seien noch Arbeiten von W. Schottky und F. L. Hopwood[75]) erwähnt.

Über die Beziehungen zwischen Elektronentheorie und Strahlung in theoretischer Hinsicht schreibt W. Wien[76]), der an einen Gleichgewichtszustand zwischen Elektronen und Strahlung anknüpft und daraus sein Strahlungsgesetz ableiten kann. Den von der Theorie geforderten Vorgang, daß ein Körper aus magnetischem Stoff bei der Rotation magnetisiert werden muß, prüft S. J. Barnett[77]) und findet ihn bei Eisen bestätigt. Es ergibt sich dabei gleichzeitig, daß die Anwendung auf die rotierende Erdkugel den Erdmagnetismus nur zum allergeringsten Teil erklären kann.

Endlich sei noch eine theoretische Arbeit von K. F. Herzfeld[78]) erwähnt, der die Elektronentheorie der Metalle mit der Nernstschen Formel in Beziehung bringt und einen Zusammenhang zwischen Zersetzungsspannung und Elektronenzahl im Metall ableitet.

**Photoelektrizität.** Allgemein ist zu berichten, daß über das gesamte Gebiet der Photoelektrizität zwei zusammenfassende Werke erschienen sind, das eine von W. Hallwachs, dem Begründer dieses Wissenszweiges, der auch zu seiner Weiterbildung viel beigetragen hat, und ein zweites von A. L. Hughes in deutscher Übersetzung. Sodann ist von den Freunden Elster und Geitels, den tätigen Förderern und erfolgreichsten Forschern im gleichen Gebiet, zu deren 60. Geburtstag eine umfangreiche Festschrift herausgegeben mit Beiträgen verschiedenster Art, auch lichtelektrischen Inhalts. Ihre Bedeutung für die Wissenschaft behandelt z. B. ein Aufsatz von E. v. Schweidler.[79])

Mit den Anwendungen der bekannten photoelektrischen Vorgänge zu astrophotometrischen Meßzwecken beschäftigen sich P. Guthnick und R. Prager[80]), die eine Erhöhung der bisherigen Genauigkeit auf das Fünf- bis Zehnfache nachweisen konnten. Es stellte sich dabei das unerwartete Ergebnis heraus, daß die Anzahl der veränderlichen Sterne ganz bedeutend größer war als bisher angenommen. Durch eine geeignete Auswahl von Zellen verschiedener selektiver Empfindlichkeit, die also auf verschiedene Farben verschieden ansprechen, konnten noch weitere interessante Ergebnisse gefunden und die Möglichkeit der Anwendung der neuen Methode erheblich gesteigert werden. Für die wichtige Frage der Photometrierung ultravioletten Lichtes liefern J. Elster und H. Geitel[81]) einen Beitrag durch Beschreibung der Konstruktion eines Zink- und Kadmiumphotometers mit hochempfindlichem Drehspulgalvanometer.

Die Frage über den Einfluß des Gasgehalts des lichtelektrischen Stoffes auf die Empfindlichkeit der lichtelektrischen Zellen ist nach den Bemerkungen im JB 1914, S 210 noch nicht sicher entschieden. Die Versuche werden deswegen von G. Wiedmann mit Kalium fortgesetzt. Durch dauernde Entfernung aller Luft aus der Zelle und mehrfache Destillation ergab sich, daß die selektive Empfindlichkeit des Kaliums entweder vollständig verschwindet oder zu anderen Wellenlängen als den ursprünglichen übergeht. Ebenso stellt H. Küstner fest, daß reine Zinkoberflächen ohne Anwesenheit von geeigneten Gasen höchstens ein Tausendstel des sonst bekannten Effektes zeigen, während R. A. Millikan und W. H. Souders unabhängige Erregbarkeit je nach den Bedingungen für Metall und für Metall und Gas annehmen.[82]) Die im vorigen Bericht erwähnten Versuche von Pohl und Pringsheim bestätigen Mitteilungen von O. W. Richardson und F. J. Rogers[83]), der in der gleichen Arbeit übrigens die lichtelektrischen Effekte einer Anzahl Elemente, auf absolutes Maß reduziert, mitteilt.

Eine Verknüpfung photochemischer Vorgänge mit der Lichtelektrizität ist nach M. Volmer[84]) dadurch möglich, wenn man nicht den eigentlichen lichtelektrischen Effekt, sondern die lichtelektrische Leitfähigkeitsänderung berücksichtigt. Bei einer sehr großen Anzahl von Stoffen zeigt sich, daß Leitfähigkeitszunahme und photochemische Reaktion im gleichen Spektralbezirk erfolgen. Beides läßt sich durch die bereits bekannte Annahme einer Lockerung von Elektronen erklären, die damit als primäre Lichtwirkung eine experimentelle Stütze erhält. Auch mit dem Voltaeffekt ist eine Übereinstimmung, wie F. Krüger[85]) betont, insofern vorhanden, als die Reihe der lichtelektrischen Empfindlichkeit mit jener zusammenfällt; seiner Ansicht nach befolgt die Abhängigkeit von der Gasaufnahme nur die bekannten elektrochemischen Gesetze. Der lichtelektrische Effekt ist keine Oberflächenerscheinung, sondern dringt in die Schicht ein, ebenso wie die Wasserstoffaufnahme. Die Eindringungstiefe nimmt mit zunehmender Wellenlänge zu. Eine frische Oberfläche zeigt größere Wirkung, die mit der Zeit abnimmt, ebenso wie die Wasserstoffbeladung.

Mit der lichtelektrischen Leitfähigkeit von flüssigem Schwefeldioxyd beschäftigt sich J. Carvallo.[86]) Er kann nachweisen, daß man seine Leitfähigkeit durch langdauerndes Anlegen eines starken Potentials bis unter die des reinen Wassers herabsetzen kann. Durch intensive Belichtung vermindert sich zunächst die Leitfähigkeit noch und steigt beim Aufhören der Belichtung wieder an, sogar über den früheren Wert. Eine Erklärung dafür ist nicht sicher.

Sehr interessant ist eine Beziehung, die T. J. Sutton[87]) zwischen photoelektrischer Konstanten und der Atomwärme feststellt. Für die Gleichung von Jeans $k\nu = \frac{1}{2}mv^2 + w_0$ ($\frac{1}{2}mv^2$ kinetische Energie der durch das Licht der Frequenz $\nu$ abgespaltenen Elektronen, $w_0$ die Energie, um ein Elektron aus dem Innern des Atoms zu einem Punkt außerhalb seiner Wirkungssphäre zu bringen), ergibt sich $k$ zu 3,8 bis $5{,}9 \cdot 10^{-22}$, also etwa die Größe des Energiequantums. Es zeigt sich nun, daß die Abweichungen von diesem Wert $k$ und dem Mittelwert der Atomwärme eng zusammenhängen, derart, daß $k \times$ Atom-

wärme konstant ist. Eine weitere Erörterung der damit zusammenhängenden Fragen muß noch dahingestellt bleiben.

**Kathoden- und Kanalstrahlen.** J. Stark[88]) fördert seine Versuche über den Einfluß des elektrischen Feldes auf Spektrallinien weiter und teilt in einer Arbeit das Ergebnis der Feinzerlegung der Wasserstoffserie mit, bei der bis zu 16 *p*- und ebensoviele *s*-Komponenten bemerkt wurden. In einer zweiten Arbeit werden die Polarisationsverhältnisse der zerlegten Linien einer Besprechung unterworfen. Das Problem der Stickstoffaktivierung wird in einer abschließenden Arbeit von E. Koenig[89]) nochmals aufgegriffen, so daß die Existenz dieser aktiven Modifikation wohl als gesichert angesehen werden kann. Seine chemischen Reaktionen werden kurz besprochen.

Bei Entladung von Leidener Flaschen fand E. Goldstein[90]) Kathodenstrahlen besonderer Eigenschaften, die in einem Teil oder auf der ganzen Länge die Farbe des positiven Lichtes zeigen und dauernd in stürmischer Bewegung sind, anstatt des ruhigen Leuchtens der sonst bekannten Kathodenstrahlen.

J. N. Collie, H. S. Patterson und Masson[91]) glauben festgestellt zu haben, daß langandauernde Entladung von Kathodenstrahlen in Wasserstoffröhren Spuren von Neon entstehen läßt und in Quecksilberlampen aus dem Quecksilber Helium und Neon, und daß ähnliche Vorgänge allgemein auftreten, nämlich daß Metalle unter dem Einfluß der Kathodenstrahlen Edelgase abgeben können.

**Röntgenstrahlen** (vgl. auch S 225). Neben der im letzten Bericht (JB 1914, S 211) erwähnten Coolidge-Röntgenröhre gelangt neuerdings die von Lilienfeld konstruierte zu größerer Bedeutung, die ebenso wie jene eine unselbständige, durch eine Glühelektrode erregte Entladung zur Erzeugung der Röntgenstrahlung benutzt.[92]) Von L. Zehnder[93]) wird eine Konstruktion einer metallischen, gefahrlosen Röntgenröhre beschrieben, die eine ganz beträchtlich höhere Belastung aushält als eine gläserne Röhre. Ihre praktische Brauchbarkeit muß indessen noch erprobt werden. Den Spannungsverlauf an einer Röntgenröhre legt A. Wehnelt[94]) mit Hilfe einer Braunschen Röhre fest. Eine Anzahl Arbeiten beschäftigt sich mit den Härtemessungen von Röntgenstrahlungen. Zunächst ein zusammenfassender Bericht von P. Ludewig, der auch in einer interessanten Arbeit praktische Betriebsfragen erörtert, sodann J. K. A. Wertheim-Salomonson, der eine photographische Methode als praktisch brauchbar empfiehlt, endlich B. Winaver und St. Sachs und Th. Christen, die die allgemeinen Fragen der Energiemessungen an Röntgenstrahlen behandeln. Im Zusammenhang damit steht auch eine Arbeit von W. P. Davey, der die Faktoren prüft, welche die Intensität einer Röntgenstrahlung bestimmen.[95])

Von wichtigen Arbeiten über die Beziehung dieser Strahlungen zur Kristallstruktur seien folgende erwähnt: Zunächst eine allgemeinere Arbeit von A. Johnsen[96]) über die Beschaffenheit der Atome in Kristallen, sodann eine von R. Glocker[92]), der die von einem Kristall abgebeugten Strahlen nochmals auf einen zweiten fallen läßt, um ihre Homogenität zu prüfen. Er kommt zu dem Ergebnis, daß die abgebeugte Strahlung monochromatisch ist. Diese Strahlung benutzt er dann weiter, um die Struktur von Kristallen neu zu bestimmen. Die Durchrechnung des Interferenzbildes von Diamanten, der ja wegen seiner Strahlung in allen Richtungen von besonderem Interesse ist, führt E. Keller[98]) durch und erzielt eine völlige Übereinstimmung von Theorie und Aufnahme. Eine Zusammenfassung der Arbeiten über Kristallinterferenz in Buchform gibt E. Hupka[99]).

Die Röntgenspektroskopie steht ja mit obigem in engstem Zusammenhang. Sie behandeln folgende Arbeiten. A. Sommerfeld[100]) untersucht mathematisch die Vorgänge bei einer Impulsstrahlung (Bremsstrahlung) und homogenen Strahlung. Praktische Fragen an Hand eigener, sehr sorgfältiger Versuche mit einem sich drehenden Kristall, das sich als das beste Verfahren herausgestellt hat, bespricht E. Wagner.[101]) E. Paulsen[102]) stellt fest, daß ebenso wie bei optischen Spektren auch im Röntgenplatinspektrum Ge-

setzmäßigkeiten vorhanden sind, die ohne weiteres 34 Gruppen zu je 10 Linien mit konstanten Schwingungskoeffizienten zwischen ihren Wellenzahlen ergeben. Die Spektren von Silber, Palladium und Rhodium beschreibt W. H. Bragg.[103])

Mehr allgemeinere Fragen und neue Erscheinungen sind in folgenden Arbeiten enthalten. H. Kirschbaum[104]) stellt fest, daß die Strahlung einer Pt-Antikathode 17mal stärker ist als die einer C-Antikathode, und geht im Anschluß daran auf die Absorptionsverhältnisse ein. W. H. Bragg und S. E. Peirce versuchen den Zusammenhang zwischen der Absorption und den Atomkonstanten festzustellen, während L. Benoist und H. Copaux nach einem derartigen Verfahren bekannte Atomgewichte nachprüfen. Auch eine Arbeit von M. Siegbahn über den Zusammenhang zwischen Absorption und Wellenlänge sei hier erwähnt.[105]) Interessant ist, wie A. H. Forman[104]) feststellt, daß Eisen in magnetisiertem und unmagnetisiertem Zustand in gleicher Weise die Strahlen absorbiert.

Auf einige neue Ergebnisse, die bei der Bestrahlung von Rändern durch Röntgenstrahlen gefunden sind, weist J. Laub[107]) hin, und F. M. Jäger[108]) auf die Vorgänge bei der Beugung in doppeltbrechenden Kristallen, für die die bisherige Theorie noch nicht ausreichen soll.

Die Bedeutung der zerstreuten Röntgenstrahlung im Zusammenhang mit unseren Anschauungen über den Aufbau der Atome behandelt P. Debye[109]), der vermutet, daß Versuche über die dabei auftretenden Erscheinungen gerade zu weitreichenden Schlüssen, besonders bei leichten Atomen, über die Anordnung der Elektronen in den Atomen selbst Veranlassung geben können.

**Radioaktivität.** Wie schon im vorjährigen Bericht angedeutet, hat sich die radioaktive Forschung allmählich in der Richtung entwickelt, daß ihr immer mehr eine allgemeine physikalische und chemische Bedeutung zukommt und immer weniger eine besondere elektrische. Die Grundfrage ist stets: Wie ordnen sich die radioaktiven Stoffe den chemischen Elementen älterer Art ein, und wie müssen wir unsere Anschauungen über den Aufbau der Molekeln und der gesamten Materie überhaupt auf Grund unserer radioaktiven Kenntnisse abändern? Die Forschungshilfsmittel der Radioaktivität sind die bekannten elektrischen Verfahren, da ja die an sich möglichen chemischen Methoden zum Teil zu roh sind, zum Teil versagen müssen, da sie isotope Elemente nicht trennen können. Die zugrunde liegenden Maßeinheiten behandelt eine Arbeit von E. Rutherford und ein zusammenfassender Bericht, insbesondere über radioaktive Gehaltsbestimmungen von St. Meyer.[110]) Sodann seien noch allgemeine, mehr zusammenfassende Arbeiten, eine von K. Fajans[111]) über das periodische System der Elemente, die radioaktiven Umwandlungen und die Struktur der Atome erwähnt, in der auch die neueste Literatur angegeben ist, und eine von F. Paneth[112]) über die für das Gesamtgebiet der Radioaktivität wichtigen Arbeiten des Wiener Instituts für Radiumforschung.

Es seien im folgenden wenigstens einige einzelne Fragen im Anschluß an ausgewählte Arbeiten behandelt. Besonders wichtig sind noch immer genaue Atomgewichtsbestimmungen zur Festlegung der Glieder der radioaktiven Reihen und zur Prüfung der Zerfallstheorie, insbesondere zur Lösung der Frage nach den inaktiven Endprodukten der Reihen, also vermutlich Blei. So fanden S. C. Lind und C. F. Whitemore[113]), daß auch in dem für die Radiumgewinnung immer wichtiger werdenden Carnotit das Verhältnis Radium/Uran das gleiche ist wie in der Pechblende, dem bisherigen Ausgangsprodukt. Für das Atomgewicht von Uran fand O. Hönigschmidt[114]) als vermutlich sichersten Wert 238,175. Für das Atomgewicht von Blei fanden G. P. Baxton und F. L. Grover[115]) entgegen anderen Ergebnissen bei Proben verschiedenen Ursprunges stets den gleichen Wert, allerdings etwas höher als den sonst üblichen, und höher wie O. Hönigschmidt und St. Horowitz für Uranblei mit 206,74. Mit Blei als Endprodukt der Thoriumreihe beschäftigen sich mehrere Arbeiten von A. Holmes und R. W. Lawson.[116]) Es ist aber noch nicht möglich, die dabei zu lösenden Fragen mit ausreichender Sicherheit zu entscheiden, da noch

einige sorgfältige Atomgewichtsbestimmungen notwendig sind. Über den Zusammenhang der Aktiniumreihe mit der Uranreihe schreiben F. Paneth und K. Fajans[117]). Sie konnten feststellen, daß von Radium jedenfalls die Aktiniumreihe nicht abzweigt, ebensowenig wie vom Ionium. Diese Frage muß also noch bis auf weiteres ungelöst bleiben. Den unmittelbaren Nachweis, daß Radium aus Uran entsteht, konnten F. Soddy und A. Hitchins[118]) erbringen, die in einem vor 6 Jahren radium- und ioniumfreien Uranpräparat es deutlich nachweisen konnten.

Auf eine große Anzahl wichtiger Einzelarbeiten kann hier nicht eingegangen werden. Es muß dafür auf die besonderen Fachzeitschriften hingewiesen werden, z. B. auf die regelmäßigen zusammenfassenden Referate über Radioaktivität in den „Fortschritten der Chemie, Physik und physikalischen Chemie", hrsg. von H. Großmann. Zum Schluß sei nur noch auf eine Anregung von E. Leimer[119]) hingewiesen, der eine Erleichterung bei der Aufnahme drahtloser Signale wahrzunehmen glaubte, wenn er an die Antenne radioaktive Stoffe brachte.

[1]) Einstein, Berl. Ber. 1914, S 1030; 1915, S 315, 778, 831. — [2]) Brill, Die Relativitätstheorie, Leipzig 1914. — [3]) Planck, Berl. Ber. 1915, S 573. — [4]) Einstein u. de Haas, Vhdl. D. Phys. Ges. 1915, S 152, 203, 420; Naturwiss. 1915, S 237. — [5]) Uller, JB. drahtl. Tel. Bd 9, S 435. — Phys. Z. 1915, S 376, 409. — [6]) Zahn, Ann. Phys. R 4, Bd 47, S 49. — Phys. Z. 1915, S 279. — [7]) Frey, Ann. Phys. R 4, Bd 46, S 1057. — [8]) Auerbach, Naturwiss. 1915, S 153. — [9]) Spielrein, Arch. El. Bd 4, S 78. — [10]) Lenard, Ann. Phys. R 4, Bd 46, S 463. — [11]) Hughes, Phil. Mag. R 6, Bd 28, S 337. — Sanford, a. a. O. Bd 29, S 623. — Hennings, Phys. Rev. R 2, Bd 4, S 228. — [12]) Jones, Phil. Mag. R 6, Bd 29, S 261. — [13]) Voigt, Ann. Phys. R 4, Bd 46, S 221; Bd 48, S 145, 443. — Götting. Nachr. 1915, S 119. — [14]) Dupuy u. Portevin, Z. angew. Chem. Bd 28, S 431. — [15]) Pélabon, C. R. Bd 158, S 1669. — [16]) Koenigsberger, Ann. Phys. R 4, Bd 47, S 563. — [17]) Worthing, Phys. Rev. R 2, Bd 5, S 445. — [18]) Riecke, Elster-Geitel-Festschr. 1915, S 71. — [19]) Thomson, Phil. Mag. R 6, Bd 30, S 192. — Electr. (Ldn.) Bd 75, S 274; Bd 76, S 13. — Richardson, Phil. Mag. R 6, Bd 30, S 295. — [20]) Livens, Phil. Mag. R 6, Bd 30, S 105, 112, 287. — [21]) Meißner, Ann. Phys. R 4, Bd 47, S 1001. — Grüneisen, Vhdl. D. Phys. Ges. 1913, S 186. — [22]) Beckmann, Phys. Z. 1915, S 59. — [23]) Streintz u. Wesely, Phys. Z. 1915, S 85, 137. — [24]) Burgeß u. Kellberg, Bull. Bur. Stand. Bd 11, S 457. — [25]) Peukert, ETZ 1915, S 587. — [26]) Esch, ETZ 1915, S 185. — [27]) Lux, Z. Beleuchtungsw. Bd 21, S 4. — [28]) Beckmann, Ann. Phys. R 4, Bd 46, S 931. — [29]) Brentano, Ann. Phys. R 4, Bd 46, S 941. — [30]) Washburn, Ann. Phys. R 4, Bd 48, S 236. — [31]) Heaps, Phys. Rev. R 2, Bd 6, S 34. — [32]) Czukor, Vhdl. D. Phys. Ges. 1915, S 73, 214. — [33]) Goddard, Phys. Rev. R 2, Bd 6, S 34. — [34]) Wagner, Arch. El. Bd 3, S 67; ETZ 1915, S 111. — [35]) Tank, Ann. Phys. R 4, Bd 48, S 307. — [36]) Rubens, Berl. Ber. 1915, S 4. — [37]) Kock, ETZ 1915, S 85. — [38]) Curtis, El. Masch.-Bau 1915, S 631. — Bull. Bur of Stand. Bd 11, S 359. — [39]) Kuhlmann, Arch. El. Bd 3, S 203. — [40]) Faßbinder, Ann. Phys. R 4, Bd 48, S 449. — [41]) Grantham, Phys. Rev. R 2, Bd 4, S 259. — [42]) Dieterich, Phys. Rev. R 2, Bd 4, S 467. — [43]) Brown, Phys. Rev. R 2, Bd 4, S 48, 85, 507; Bd 5, S 65, 74, 75, 236. — Phil. Mag. R 6, Bd 28, S 497. — [44]) Jaenichen, Lichtmessungen mit Selen, Berlin 1914. — [45]) Voltz, Phys. Z. 1915, S 209, 308. — Fürstenau a. a. O. S 276. — [46]) Kamerlingh Onnes, Versl. K. Ak. v. Wetensch. Bd 23, S 167, 172, 487, 493, 506. — [47]) Clay, JB. Radioakt. u. Elektron. 1915, S 259. — [48]) Rogowski, Arch. El. Bd 3, S 129, 264; Bd 4, S 56, 61. — Möller, JB drahtl. Tel. Bd 9, S 73. — [49]) Spielrein, Arch. El. Bd 3, S 187. — [50]) Butterworth, Phil. Mag. R 6, Bd 29, S 578. — [51]) Breisig, ETZ 1915, S 521, 545. — [52]) Wagner, Arch. El. Bd 3, S 315. — [53]) Binder, ETZ 1915, S 241. — [54]) Fleming, Electr. (Ldn.) Bd 73, S 691. — [55]) Hartsough, Phys. Rev. R 2, Bd 4, S 306. — Electr. (Ldn.) Bd 75, S 9. — [56]) Langmuir, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 240. — Dushmann, Phys. Rev. R 2, Bd 5, S 339. — Hund, El. Masch.-Bau 1915. S 529. — Lindemann u. Hupka, Arch. El. Bd 3, S 49. — [57]) Grotrian, Ann. Phys. R 4, Bd 47, S 141. — [58]) Droysen, Ann. Phys. R 4, Bd 46, S 449. — [59]) Quincke, Ann. Phys. R 4, Bd 48, S 113. — [60]) Rich, El. World Bd 64, S 1247. — [61]) Baker, Phys. Rev. R 2, Bd 5, S 68. — [62]) Clarc u. Ryan, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 937. — [63]) Masing u. Wiesinger, Phys. Z. 1915, S 185, 237. — [64]) Janus

u. Voltz, Phys. Z. 1915, S 213. — [65]) Ehrhardt, Ann. Phys. R 4, Bd 42, S 809. — [66]) Uller, Vhdl. D. Phys. Ges. 1915, S 20. — [67]) Signorini, Rend. R. Acc. d. Linc. Bd 23 I, S 943; Bd 24 I, S 694. — [68]) Zahn, Phys. Z. 1915, S 414. — [69]) Leimbach u. Löwy, Z. Ver. D. Ing. 1914, S 1298. — [70]) Richter, Arch. El. Bd 3, S 175. — [71]) Ehrenhaft, Phys. Z. 1915, S 227. — Meyer u. Gerlach, Elster-Geitel-Festschr. 1915, S 196. — Ann. Phys. R 4, Bd 48, S 719. — Zerner, Phys. Z. 1915, S 10. — Fletcher a. a. O. S 316. — Schroedinger a. a. O. S 289. — Konstantinowsky, Ann. Phys. R 4, Bd 46, S 261. — Bd 48, S 57. — Schidlof, Phys. Z. 1915, S 372. — v. Smoluchowski a. a. O. S 318. — [72]) Just u. Haber, Z. Elchemie 1914, S 483. — [73]) Schlichter, Ann. Phys. R 4, Bd 47, S 573. — [74]) Germershausen, Phys. Z. 1915, S 104. — [75]) Schottky, Vhdl. D. Phys. Ges. 1915, S 109. — JB Radioakt. u. Elektron. 1915, S 147. — Hopwood, Phil. Mag. R 6. Bd 29, S 362. — [76]) Wien, Ann. Phys. R 4, Bd 46, S 749. — [77]) Barnett, Phys. Rev. R 2, Bd 6, S 171. — [78]) Herzfeld, Phys. Z. 1915, S 354. — [79]) Hallwachs, Die Lichtelektrizität, Bd 3 des Handbuchs d. Radiologie, hrsg. v. E. Marx. — Hughes, Die Lichtelektrizität, Leipzig 1915. — Elster u. Geitel-Festschrift, Braunschweig 1915, vgl. z. B. Naturwiss. 1915, S 383, 400. — v. Schweidler, Naturwiss. 1915, S 373. — [80]) Guthnick, Vhdl. D. Phys. Ges. 1914, S 1021. — Astron. Nachr. 1914, S 177. — Guthnick u. Prager, Naturwiss. 1915, S 53. — [81]) Elster u. Geitel, Phys. Z. 1915, S 405. — [82]) Wiedmann, Vhdl. D. Phys. Ges. 1915, S 343. — Küstner, Ann. Phys. R 4, Bd 46, S 893. — Millikan u. Souders, Phys. Rev. R 2, Bd 4, S 73. — [83]) Richardson u. Rogers, Phil. Mag. R 6, Bd 29, S 618. — [84]) Volmer, Z. Elchemie 1915, S 113. — [85]) Krüger, Chem. Ztg. 1915, S 818. — [86]) Carvallo, Ann. de Phys. R 9, Bd 2, S 142, 185. — [87]) Sutton, Phil. Mag. R 6, Bd 29, S 734. — [88]) Stark, Ann. Phys. R 4, Bd 48, S 193, 210. — [89]) Koenig, Z. Elchemie 1915, S 267. — [90]) Goldstein, Vhdl. D. Phys. Ges. 1915, S 256. — [91]) Collie, Patterson u. Masson, Engineering Bd 97, S 258. — Proc. Roy. Soc. Ldn. (A) Bd 91, S 30. — [92]) Koch, Naturwiss. 1915, S 357. — [93]) Zehnder, Ann. Phys. R 4, Bd 47, S 824. — [94]) Wehnelt, Ann. Phys. R 4, Bd 47, S 1112. — [95]) Ludewig, Naturwiss. 1915, S 403; Phys. Z. 1915, S 438. — Wertheim-Salomonson a. a. O. S 389. — Winawer u. Sachs a. a. O. S 258. — Christen a. a. O. S 362. — Davey, Phys. Rev. R 2, Bd 4, S 208. — [96]) Johnsen, Phys. Z. 1915, S 269. — [97]) Glocker, Ann. Phys. R 4, Bd 47, S 377. — [98]) Keller, Ann. Phys. R 4, Bd 46, S 157. — [99]) Hupka, Interferenz der Röntgenstrahlen, Braunschweig 1915. — [100]) Sommerfeld, Ann. Phys. R 4, Bd 46, S 721. — [101]) Wagner, Ann. Phys. R 4, Bd 46, S 868. — [102]) Paulsen, Ann. Phys. R 4, Bd 46, S 698. — [103]) Bragg, Phil. Mag. R 6, Bd 29, S 407. — [104]) Kirschbaum, Ann. Phys. R 4, Bd 46, S 85. — [105]) Bragg u. Peirce, Phil. Mag. R 6, Bd 28, S 626. — Benoist u. Copaux, Bull. Soc. Chim. 1914, S 484. — Siegbahn, Phys. Z. 1915, S 753. — [106]) Forman, Phys. Rev. R 2, Bd 3, S 306. — [107]) Laub, Vhdl. D. Phys. Ges. 1915, S 354. — Phys. Z. 1915, S 730. — [108]) Jaeger, Versl. K. Ak. v. Wetensch. Bd 23, S 1207. — [109]) Debye, Ann. Phys. R 4, Bd 46, S 809. — [110]) Rutherford, Phil. Mag. R 6, Bd 28, S 320. — Z. Instrk. 1915, S 287. — Naturwiss. 1915, S 270. — Meyer, JB Radioakt. u. Elektron. 1915, S 436. — [111]) Fajans, Phys. Z. 1915, S 456. — [112]) Paneth, Naturwiss. 1915, S 437. — [113]) Lind u. Whitemore, J. Am. Chem. Soc. 1915, S 2066. — [114]) Hönigschmidt, Wien. Ber. IIa 1914, S 1653. — Hönigschmidt u. Herowitz, Monatsh. f. Chem. 1915, S 1557. — [115]) Baxton u. Grover, J. Am. Chem. Soc. 1915, S 1027. — [116]) Holmes u. Lawson, Phil. Mag. R 6, Bd 28, S 823. — Bd 29, S 673. — Nature Bd 93, S 479. — Wien. Ber. IIa 1914, S 1373. — [117]) Paneth u. Fajans, Wien. Ber. IIa 1914, S 1627. — [118]) Soddy u. Hitchins, Phil. Mag. R 6, Bd 30, S 209. — [119]) Leimer, ETZ 1915, S 91.

---

## Elektromedizin und Elektrobiologie.

Von Dr. G. Großmann.

**Elektromedizin.** Einen besonders großen Fortschritt hat die Diathermie, d. h. die elektrische Durchwärmung mittels Hochfrequenzströmen, durch den Krieg erfahren. Wie aus Veröffentlichungen von G. Bucky[1]) und E. Stein[2]), ferner aus der von S & H herausgegebenen Broschüre „Diathermie im Kriegslazarett“[3]) hervorgeht, ist die Diathermie eines der wichtigsten Heilmittel bei

der Nachbehandlung von Kriegsverletzungen (Gelenkversteifungen, Nervenverletzungen durch Schuß) und zur Behebung der Schädigungen geworden, die man unter dem Namen „Schützengrabenkrankheiten" zusammenfaßt (Rheumatismus, Ischias, Erfrierung von Gliedmaßen u. a. m.). — Um die therapeutische Wirkung der Diathermie zu erhöhen, verwendet G. Bucky[4]) intermittierende Hochfrequenzströme, wobei er sich des von ihm angegebenen und von S & H ausgeführten „Pulsators"[5]) bedient. — Ein zweiter, von G. Bucky angegebener Apparat ist der „Alternator"[6]), der gestattet, den Hochfrequenzstrom abwechselnd auf zwei verschiedenen Wegen durch den Körper zu leiten. Wählt man zwei sich kreuzende Strombahnen, so wird an deren Kreuzungsstelle ein Joulescher Effekt entwickelt, der spezifisch größer ist, als an allen anderen vom Strom durchflossenen Stellen. Auf diese Weise ist es möglich, ein bestimmtes Raumgebiet im Innern des Körpers stark zu erwärmen.

Um bei Kriegsverwundeten die Lage der Geschosse im Körper festzustellen bedienen sich R. G. Cohen[7]) und P. Jödicke[8]) der bekannten elektrischen Fremdkörpersonde. Diese besteht aus einer Pinzette, deren beide Schenkel an die Klemmen einer Trockenbatterie unter Zwischenschaltung eines Stromanzeigegerätes angeschlossen sind. Führt man die Sonde in die Wunde ein, so kann man am plötzlichen Ausschlage des Stromanzeigegerätes den Moment erkennen, in dem man mit der Sonde das Geschoß erreicht. — S. Loewenthal und J. Nienhold[9]) ziehen solchen zweiteiligen Sonden die einteilige, nämlich eine bis zur freien Spitze isolierte Sonde, vor. Gelangt diese beim Einführen in die Wunde mit dem Geschoß in Berührung, so verringert sich der Übergangswiderstand von der Sonde zum Gewebe nahezu plötzlich. — Auf dem gleichen Prinzip beruht das von G. Holzknecht und H. Wachtel[10]) angegebene „Fremdkörpertelephon".

**Röntgentechnik.** F. J. Koch[11]) berichtet über einen neuen, von ihm in Gemeinschaft mit J. E. Lilienfeld geschaffenen und von der Firma Koch & Sterzel ausgeführten Typ der Lilienfeldröhre (Abb. 19). Sie enthält drei Elektroden: eine Glühkathode *G*, eine mit einer Längsbohrung versehene Zwischenelektrode *K*, die Koch Röntgenkathode nennt, und die Antikathode *A*. Zur Speisung der praktisch vollkommen gasleer gemachten Röhre dienen zwei Hochspannungs-Stromquellen und eine den Heizstrom für die Glühkathode liefernde Stromquelle. Man kommt aber auch mit zwei Stromquellen, nämlich mit einem Hochspannungstransformator oder Röntgeninduktor *T* und einem Heiztransformator *H*, aus, wenn man zwischen die Antikathode *A* und die Kathode *K* einen regelbaren Hochspannungswiderstand *R* schaltet. Ein Teil der von der Glühkathode *G* ausgesandten Kathodenstrahlen wird von der Kathode *K* aufgefangen, während der übrige Teil durch deren axiale Bohrung hindurchtritt und auf die Antikathode *A* aufprallt. Da sich die die Röntgenstrahlung erzeugende Entladung unmittelbar zwischen der Glühkathode und der Antikathode abspielt, so ist als wahre Kathode der Röhre die Glühkathode anzusehen. Bei der neuen Lilienfeldröhre wird also die Entstehung der Kathodenstrahlen nicht mehr, wie bei der ursprünglichen Lilienfeldröhre[12]), durch eine sich in der Nähe oder hinter der Antikathode abspielende Hilfsentladung, d. h. durch positive Ionen, eingeleitet, sondern sie werden, ebenso wie in der Coolidgeröhre[13]), unmittelbar von einer an den negativen Pol des Röntgeninduktors angeschlossenen Glühkathode ausgesandt. So hat sich die Lilienfeldröhre in ihrer Weiterentwicklung, wie M. Levy-Dorn[14]) ausführt, der Coolidgeröhre wesentlich genähert. — Nach den von G. Holzknecht[15]) gemeinsam mit

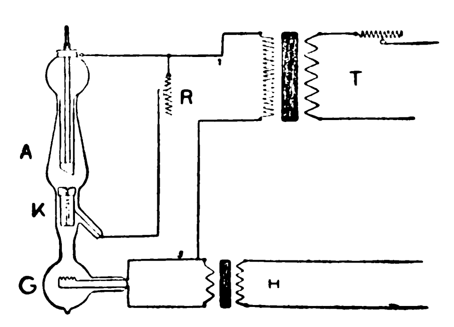


Abb. 19. Lilienfeldsche Röhre.

H. Wachtel, C. Weißenberg und R. Mayer angestellten Untersuchungen arbeitet die Lilienfeldröhre auch bei stärkster Inanspruchnahme mit unveränderlicher Strahlenintensität und -qualität. Da die Röhre praktisch vollkommen gasleer ist, findet in ihr keine Metallzerstäubung statt; das Glas fluoresziert nicht; der Gang der Röhre ist ungewöhnlich ruhig und fast geräuschlos. Bloß durch Verstellung am Hochspannungswiderstand kann man von den weichsten Strahlen zu den härtesten gelangen. Die Ausbeute an Strahlungsenergie ist größer als bei gewöhnlichen Röhren. — Die gleichen Eigenschaften stellt H. E. Schmidt[16]) an der Coolidgeröhre der AEG fest. Bloß findet er, daß man mit ihr keine härteren Strahlen erzeugen könne als mit einer gewöhnlichen Röhre, und daß sie bei großer Strahlenhärte wegen der bestehenden Durchschlagsgefahr nicht genügend stark belastbar ist. Ersteres ist nicht zutreffend und kann darauf zurückgeführt werden, daß Schmidt der Röhre keine genügend hohe Spannung aufgedrückt hat. Den zweiten Umstand führt Schmidt auf Mängel des Fabrikates zurück. — Die Erscheinung, daß an den Wandungen der gasfreien Röhre keine Fluoreszenz bemerkbar ist, sucht J. E. Lilienfeld[17]) damit zu erklären, daß das Potentialgefälle zwischen Antikathode und Kathode infolge Abwesenheit positiver Ionen annähernd konstant ist.

Um die Leistungen der Röntgenröhren zu steigern, kühlen die Veifawerke[18]) den Kathodenhals mittels eines Luftgebläses. — In ähnlicher Weise verfährt auch J. Rosenthal[19]), der bei seiner Ultradurröhre nicht bloß die Antikathode, sondern auch die Kathode mittels dünnflüssigen Öles kühlt, das durch eine Pumpe in Kreislauf gesetzt wird.

Bei Röntgenröhren für Therapie hat man bisher den Grundsatz befolgt, die Antikathode auf einer möglichst niedrigen Temperatur zu erhalten. G. Bucky[20]) weicht von diesem Grundsatz ab, indem er die Antikathode mittels siedenden Wassers kühlt und somit ihre Temperatur nicht unter 100° C sinken läßt. Seinen Erfahrungen gemäß bleibt eine derart gekühlte Röhre selbst bei einer Strahlenhärte von 11 bis 12 Wehnelt und bei 5 mA Röhrenstrom Stunden hindurch unveränderlich und zeigt dabei einen ruhigen, geräuschlosen und funkenfreien Gang. — J. K. A. Wertheim-Salomonson[21]) geht von der Tatsache aus, daß die Coolidgeröhre bei großen Belastungen lange Zeit hindurch einwandfrei arbeitet, trotzdem die jeglicher künstlichen Kühlung bare Antikathode hell glüht. Die von ihm an einer kleinen Versuchsröhre mit Wolframantikathode angestellten Versuche haben ergeben, daß die Röhre bei heller Glut der Antikathode einen Strom von 5 bis 7 mA bei einer parallelen Funkenstrecke von 10 bis 15 cm mehrere Minuten lang aushält, ohne daß sie das Bestreben zum Weichwerden zeigt. Die Röhre verträgt eine doppelt so große Belastung wie die Wasserkühlröhre. Ihre Leistung ist bloß durch die Erhitzung der Glaswand begrenzt. Er verspricht sich von ihr sehr viel für die Therapie.

L. Zehnder[22]) schlägt den Bau einer gefahrlosen metallenen Röntgenröhre vor. Das Röhrengehäuse soll nicht, wie bisher üblich, aus Glas, sondern aus Metall gefertigt und die Antikathode mit dem zweckmäßig geerdeten Metallgehäuse leitend verbunden sein, während die Kathode von ihm durch eine Hochspannungsdurchführung isoliert ist. Für die Verwirklichung dieses Vorschlages bestehen keine Aussichten. Die von ihm an einer Versuchsröhre gemachte Erfahrung, daß die bei Verwendung einer Kupferantikathode erzielte Röntgenstrahlenintensität das Zehnfache der mittels einer gewöhnlichen Röhre unter gleichen Verhältnissen erhältlichen Strahlenintensität beträgt, ist physikalisch nicht geklärt.

Die gasfreie Glühkathodenröhre hat in der Röntgentechnik noch eine zweite und ebenfalls wichtige Nutzanwendung gefunden, nämlich als Ventilröhre. Versuche haben gelehrt, daß eine praktisch gasleere Röhre mit Glühelektrode dem Elektrizitätsdurchgang einen relativ geringen Widerstand dann entgegensetzt, wenn die Glühelektrode Kathode ist, hingegen bei entgegengesetzter Spannungsrichtung praktisch gänzlich stromundurchlässig ist. Von dieser Er-

fahrung macht F. J. Koch[23]) in seinem Thermoionventil Gebrauch. Dieses Ventilrohr ermöglicht es, einen Hochspannungs-Wechselstromtransformator ohne Hinzuziehung eines Hochspannungs-Gleichrichters zum Betriebe einer Röntgenröhre zu benutzen, indem man diese in Reihe mit einem Thermoionventilrohr an die Hochspannungsklemmen des Transformators anschließt. G. Holzknecht[24]) rühmt diesem Ventilrohr auch den Vorzug nach, daß es mangelhafte Induktorbetriebe störungsfrei macht, die Lebensdauer der Röhren verlängert und ihre Belastbarkeit steigert.

An Fortschritten auf dem Gebiete der Apparate für Röntgendiagnostik sind die folgenden zu nennen: Die genaue Einhaltung sehr kurzer Einschaltezeiten bei Röntgenapparaten, beispielsweise $^1/_{20}$ s, erzielen S & H durch ein mit sehr großer Beschleunigung anlaufendes Zeitrelais[25]), ferner dadurch, daß der durch dieses beeinflußte selbsttätige Schalter nicht auf mechanischem Wege, sondern durch das Kurzschließen des ihn in seiner Einschaltstellung festhaltenden Elektromagnets ausgelöst wird[26]). — Reiniger, Gebbert & Schall[27]) lassen sich einen kombinierten Gleichrichte- und Einzelschlagapparat schützen, dessen Hochspannungstransformator aus zwei Primärwickelungen, einer Sekundärwickelung und einem derart geformten Eisenkörper besteht, daß der wirksame magnetische Kreis bei Benutzung der einen der beiden Primärwickelungen geschlossen, hingegen bei Verwendung der anderen offen ist. — P. Ludewig[28]) verweist darauf, daß das Momentverfahren Induktoren mit sehr großem Eisenkern und einer Sekundärspule von relativ wenig Windungen relativ dicken Drahtes erfordert. — G. Bucky[29]) erteilt seiner Wabenblende[30]) eine Pendel- oder Drehbewegung, um zu verhüten, daß auf dem Leuchtschirm das störende Bild der Blende entsteht. Bucky will die Leistungen der Fluoreszenzschirme dadurch steigern, daß er die fluoreszierende Masse auf eine spiegelnde Fläche aufträgt, die aus einer sehr dünnen Schicht eines sehr weiche Sekundärstrahlen aussendenden Stoffes besteht[31]), ferner dadurch, daß er einen solchen Stoff, etwa in Pulverform, der fluoreszierenden Masse beimengt[32]). — W. Hoffmann[33]) beschreibt eine neue Kassette, die die gleichzeitige Gewinnung zweier Röntgenaufnahmen eines Objektes mittels Verstärkungsfolie gestattet. — A. Stein[34]) gibt eine einfache Zentriervorrichtung für schwierigere Röntgenaufnahmen, R. Kienböck[35]) verschiedene kleine technische Neuerungen an.

Der Krieg hat Veranlassung gegeben, daß sich die Röntgenologen mit der Frage der Fremdkörperlokalisation sehr eingehend beschäftigt haben. Gerlach[36]), F. Gruenhagen und E. Runge[37]), M. Favarger[38]), C. Schulz[39]) und K. Petrow[40]) geben neue Varianten der bekannten Tiefenbestimmungsmethode an, die auf dem Prinzip beruht, daß man vom Objekt auf einer Platte von zwei Stellungen der Röntgenröhre aus eine Doppelaufnahme anfertigt. — R. Gassul[41]) macht zu dem gleichen Zweck eine Doppelaufnahme bei zwei verschiedenen Abständen der Röhre von der Platte. — Th. Christen[42]) empfiehlt die Methode zweier Doppelaufnahmen auf zwei Platten. — H. Schmidt[43]) gibt einen Kugelsucher an, mit Hilfe dessen die Tiefenbestimmungen von Geschossen bei Durchleuchtung vorgenommen und zum Auffinden des Geschosses verhelfende Merkpunkte auf der Körperoberfläche aufgezeichnet werden können. — W. Neumann[44]) hat ein Hilfsgerät gebaut, mit Hilfe dessen die Richtung bestimmt werden kann, in der der Operateur einzugreifen hat, um den Fremdkörper zu finden. — M. Levy-Dorn[45]) bespricht die verschiedenen Tiefenbestimmungsmethoden und macht Angaben über die erzielbaren Genauigkeiten. — Brauneck[46]) tritt für den häufigeren Gebrauch der Röntgenstereoskopie ein.

Auf die Röntgentherapie hat der Krieg mehr hemmend als fördernd eingewirkt. E. v. Seuffert[47]) hat mittels einer rotierenden Heliumröhre den zeitlichen Verlauf der von verschiedenartigen Röntgeninstrumentarien gelieferten Röhrenströme aufgenommen und empfiehlt, daß man die für Tiefentherapie benutzten Instrumentarien nach dieser Richtung hin prüfe. — Kl. Hoffmann[48]) gibt ein Rahmengestell für vaginale Tiefenbestrahlungen an. — F. Salzmann[49]) hat bei Vaginalbestrahlungen durch die Einführung von Cadmiumpelotten, die

er als Sekundärstrahlensender benutzt, eine wesentliche Vergrößerung der Tiefendosen erzielt. — G. Großmann[50]) liefert einen neuen Beitrag zur Kenntnis der Strahlenfilter, indem er sie miteinander bezüglich der Gefährlichkeit der von ihnen ausgesandten Sekundärstrahlung vergleicht.

Sehr groß ist die Anzahl der Arbeiten, die über Röntgenstrahlenmessungen erschienen sind. Hiervon gingen die meisten aus dem Schoße der unter der Leitung von G. Holzknecht stehenden Sonderkommission für Dosimetervergleich der Deutschen Röntgengesellschaft hervor. Zuerst wurden Vorschläge über die Richtlinien gemacht, in denen sich die Arbeiten dieser Kommission bewegen sollen[51]). — J. K. A. Wertheim-Salomonson[52]) weist darauf hin, daß die physikalische Dosis gemessen werden müsse und der physiologische Teil der Frage nicht einbezogen werden dürfe. Er schlägt die Festlegung einer einwandfreien physikalischen Meßmethode vor, mittels deren die Vergleichung der verschiedenen Dosimeter vorgenommen werden sollte. — W. v. Wieser[53]) ist der Ansicht, daß der Vergleich der Dosimeter bei homogener Röntgenstrahlung durchgeführt werden müßte. — Th. Christen[54]) würde die Schaffung einer, womöglich internationalen Zentralstelle für Strahlenmessung begrüßen. Er weist auch, ebenso wie es Holzknecht getan hat, darauf hin, daß die Dosimetrie mit der Frage der Härtemessung eng verknüpft ist und stellt eine Definition für den Begriff der Heterogenität eines Strahlengemisches auf. Als deren Maß betrachtet er das Verhältnis der ersten zwei Halbwertschichten (in Wasser gemessen). — Die Frage der Härtemessung heterogener Strahlen wird auch in einigen späteren Kommissionsarbeiten besonders behandelt. — Wie Th. Christen[55]) herleitet, besteht bei Heterogenitäten, die kleiner als 1,4 sind, zwischen dem Dosenquotienten und der Heterogenität eine lineare Beziehung. — Um ein Maß für den Härtegrad einer Röntgenstrahlung zu gewinnen, pflegt R. Kienböck[56]) die Röntgenstrahlenintensität mit Hilfe eines Aluminiumphantoms und Kienböckstreifen unter verschieden dicken Aluminiumschichten zu messen und sie als Funktion der Dicke der Aluminiumschicht in einem rechtwinkligen Koordinatensystem darzustellen. — C. Weißenberg[57]) trägt die Werte der Röntgenstrahlenintensität als Funktion der Gewebetiefe in einen logarithmischen Raster ein, in dem für die Gewebetiefe eine gleichmäßig geteilte Skala, für die Strahlenintensität dagegen eine logarithmische gewählt ist. In dieser Darstellung entspricht einer homogenen Röntgenstrahlung eine Gerade, einer heterogenen hingegen eine Kurve. Diese graphische Methode gestattet es, sich über die Qualität der Röntgenstrahlung und die Auswahl günstiger Betriebsbedingungen schnell zu unterrichten, ohne erst Rechnungen anstellen zu müssen. — Die Kritik von G. Holzknecht und C. Weißenberg[58]) über die bestehenden Methoden für die Messung der Röntgenstrahlenqualität und -quantität führt zum Ergebnis, daß sie alle ungenügend sind. Sie schlagen zum Zwecke der Röntgenlichtprüfung eine aus einem Ebenholzphantom und dem Selenintensimeter bestehende Einrichtung vor. — R. Mayer[59]) findet, daß das Selenintensimeter bei Vermeidung zu langer Belichtungen der Selenzelle für technische Röntgenlichtmessungen gut verwendbar ist. Hingegen gelangt R. Grann[60]) auf Grund theoretischer Überlegungen zu dem Ergebnis, daß sich das Selen infolge seiner Trägheit und Ermüdung bei verschiedenem zeitlichen Verlauf des Röhrenstromes verschieden verhält, und daß daher die Angaben des Intensimeters unzuverlässig sind. — In einer anderen Arbeit gibt R. Grann[61]) eine Begründung dafür, daß die Meßmethoden, die sich auf der photochemischen Wirkung der Röntgenstrahlen aufbauen, weder auf dem Wege der Leitfähigkeitsmessung noch auf demjenigen der Dichtemessung zum Ziele führen. — Immelmann und Schütze[62]) und ähnlich F. Meyer[63]) treten für das Fürstenausche Intensimeter[64]) ein. — E. v. Seuffert[65]) verwendet zur Kontrolle der Röntgenstrahlung gleichzeitig zwei Iontoquantimeter, von denen das eine die unfiltrierte Strahlung und das andere die Nutzstrahlung mißt.

Auf dem Gebiet der röntgentechnischen Einrichtungen in Krankenhäusern und Kliniken stellt das nach Angaben von Albers-Schönberg vom Archi-

tekten D. Seeger entworfene und von S & H eingerichtete (Lasser) Röntgenhaus des Krankenhauses St. Georg in Hamburg[66]) eine neue Entwicklungsstufe dar. Hier hat der Architekt zum ersten Male den Entwurf des Hauses, die Grundrißanlage und die Raumverteilung dem Gedanken der sachgemäßen Führung der Hochspannungsleitungen untergeordnet. In einem in der Mitte des Hauses gelegenen Kraftwerk sind alle zum Röntgenbetriebe dienenden Hochspannungsstromquellen vereinigt. Sie können auf die verschiedenen Arbeitsplätze umgeschaltet werden, wobei durch umfassende elektrische Verriegelungs- und Sicherheitsvorrichtungen dafür gesorgt ist, daß selbst durch eine unrichtige Bedienung von Schaltern weder Gefahren für den Arzt und das Personal noch Schäden der Anlage entstehen können. Ein besonderes Augenmerk ist auch auf den Schutz von Arzt und Personal vor Röntgenstrahlen gerichtet worden, worauf Albers-Schönberg und Lorenz[67]) besonders hinweisen.

**Elektrobiologie.** S. Garten und A. Weber[68]) stellen eine Untersuchung über die Druckkurve des rechten Vorhofes in ihrem zeitlichen Verhältnis zum Elektrokardiogramm an. — C. I. Rothberger und H. Winterberg[69]) liefern eine Arbeit über Vorhofflimmern und Vorhofflattern. — Zur Aufzeichnung tachographischer Kurven (Puls-, Atmungs-, Vokalkurven u. dgl.) benutzt R. Heller[70]) als erster ein Saitengalvanometer. Er läßt das Manometer auf ein Thermoelementenpaar einwirken und zeichnet den zeitlichen Verlauf des Thermostromes auf. — S. Jellinek[71]) behandelt die heutigentags noch nicht beantwortbare Frage, ob das organische Leben durch die elektrischen Wellen der drahtlosen Telegraphie bedroht wird. — K. Alvensleben[72]) vergleicht die Ergebnisse der Arbeiten, die über die physiologische Wirkung elektrischer Ströme gemacht worden sind, mit den bei elektrischen Unfällen gewonnenen Erfahrungen. — G. Bucky[73]) bespricht, wie die Stromverteilung im menschlichen Körper bei elektrischen Behandlungen und Unfällen gerät. — A. Reyn und N. P. Ernst[74]) berichten über die Anwendung künstlicher Lichtbäder bei Lupus und chirurgischer Tuberkulose. Mehr in das Gebiet der Radiotherapie und Radiobiologie gehören die Veröffentlichungen von Thedering[75]) und S. Ebel[76]) über die Anwendung der künstlichen Höhensonne und die Arbeit von H. L. Heusner[77]) über die biochemische Wirkung und die therapeutische Verwertung der verschiedenartigen elektromagnetischen Schwingungen.

[1]) Bucky, Dtsch. Med. Woch. 1915, S 467. — [2]) Stein, Berl. klin. Woch. 1915, S 408. — [3]) Quaink, ETZ 1915, S 218. — Helios Fachz. 1915, S 333. — [4]) Bucky, Münchn. Med. Woch. 1915, S 977. — [5]) Bucky, DRP 284585. — [6]) Bucky, DRP 283602. — [7]) R. G. Cohen, Münchn. Med. Woch. 1915, S 701. — [8]) Jödicke, Münchn. Med. Woch. 1915, S 702. — [9]) Loewenthal u. Nienhold, Münchn. Med. Woch. 1915, S 1131. — [10]) Holzknecht u. Wachtel, Münchn. Med. Woch. 1915, S 1245. — [11]) Koch, Fortschritte a. d. Geb. d. Röntgenstr. Bd 23, S 2. — Strahlentherapie Bd 6, S 354. — [12]) JB 1914, S 217. — [13]) JB 1914, S 215. — [14]) Levy-Dorn, Dtsch. Med. Woch. 1915, S 887. — [15]) Holzknecht, Wachtel, Weißenberg u. R. Mayer, Münchn. Med. Woch. 1915, S 837. — [16]) H. E. Schmidt, Dtsch. Med. Woch. 1915, S 737. — [17]) Lilienfeld, Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. Bd 23, S 383. — [18]) Veifawerke, DRP 283983. — [19]) Rosenthal, Dtsch. Med. Woch. 1915, S 611. — [20]) Bucky, Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. Bd 23, S 201. — Münchn. Med. Woch. 1915, S 1145. — [21]) Wertheim-Salomonson, Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. Bd 23, S 363. — [22]) Zehnder, ETZ 1915, S 49. — [23]) Koch, Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. Bd 23, S 8. — Strahlenther. Bd 6, S 354. — [24]) Holzknecht, Dtsch. Med. Woch. 1915, S 767. — [25]) Siemens & Halske, DRP 286060. — [26]) Siemens & Halske, DRP 285405. — [27]) Reiniger, Gebbert & Schall, DRP 285184. — [28]) Ludewig, Helios Fachz. 1915, S 517. — [29]) Bucky, DRP 287652. — [30]) JB 1914, S 219. — Bucky, DRP 284371. — [31]) Bucky, DRP 283599 u. 286797. — [32]) Bucky, DRP 282578. — [33]) Hoffmann, Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. Bd 23, S 338. — [34]) Stein, Fortschr. a. d. Gebiet der Röntgenstrahl. Bd 22, S 541. — [35]) Kienböck, Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstr. Bd 23, S 360. — [36]) Gerlach, Münchn. Med. Woch. 1915, S 270. — [37]) Gruenhagen u. Runge, Münchn. Med. Woch. 1915, S 1129. — [38]) Favarger, Münchn. Med. Woch. 1915, S 1228. — [39]) Schulz,

Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. Bd 22, S 509. — [40] Petrow, Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. Bd 23, S 359. — [41] Gassul, Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. Bd 23, S 330. — [42] Christen, Münchn. Med. Woch. 1915, S 1519. — [43] Quaink, Helios Exportz. 1915, S 721. — [44] W. Neumann, Münchn. Med. Woch. 1915, S 1635. — [45] Levy-Dorn, Berl. klin. Woch. 1915, S 1233. — [46] Brauneck, Dtsch. Med. Woch. 1915, S 498. — [47] v. Seuffert, Münchn. Med. Woch. 1915, S 641. — [48] Hoffmann, Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. Bd 23, S 333. — [49] Salzmann, Dtsch. Med. Woch. 1915, S 223. — [50] Großmann, Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. Bd 23, S 182. — [51] Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. Bd 23 S 69. — [52] Wertheim-Salomonson, Fortschr. auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen. Bd 23, S 74. — [53] von Wieser, Fortschr. auf dem Gebiete der Röntgenstr. Bd 23, S 76. — [54] Christen, Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. Bd 23, S 84. — [55] Christen, Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. Bd 23, S 214. — [56] Kienböck, Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. Bd 22, S 567. — [57] Weissenberg, Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. Bd 23, S 229. — [58] Holzknecht u. Weissenberg, Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. Bd 23, S 257. — [59] Mayer, Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. Bd 23, S 283. — [60] Grann, Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. Bd 23, S 267. — [61] Grann, Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. Bd 23, S 289. — [62] Immelmann u. Schütze, Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. Bd 22, S 533. — [63] F. M. Meyer, Dtsch. Med. Woch. 1915, S 1313. — [64] Fürstenau, DRP 282619. — [65] v. Seuffert, Dtsch. Med. Woch. 1915, S 797. — [66] Albers-Schönberg, Seeger u. Lasser, Das Röntgenhaus. Leipzig 1915, F. Leineweber. — Quaink, ETZ 1915, S 552. — [67] Albers-Schönberg u. Lorenz, Dtsch. Med. Woch. 1915, S 301. — [68] Garten u. Weber, Zeitschr. f. Biologie Bd 66, S 83. — [69] Rothberger u. Winterberg, Pflüg. Arch. Bd 160, S 42. — [70] Heller, Pflüg. Arch. Bd 163, S 71. — [71] Jellinek, ETZ 1915, S 7. — [72] Alvensleben, ETZ 1915, S 381, 398. — [73] Bucky, ETZ 1915, S 673. — [74] Reyn u. Ernst, Strahlenther. Bd 6, S 16. — [75] Thedering, Strahlenther. Bd 6, S 64. — [76] Ebel, Zeitschr. f. phys. u. diätet. Ther. 1915, S 182, 370. [77] Heusner, Strahlenther. Bd 6, S 70.

---

## XVIII. Erdstrom, atmosphärische Elektrizität, Blitzableiter und Blitzschläge.

Von Professor Dipl.-Ing. S. Ruppel.

Die Grundlagen für die Theorie der Entstehung der Gewitterelektrizität werden durch die Untersuchungen im radiologischen Institut zu Heidelberg weiter gefördert. Nach Lenard[1]) lassen sich die verschiedenen Formen des Wasserfalleffektes, sein Auftreten in gewissen Fällen und sein Fehlen in anderen Fällen einheitlich dadurch verstehen, daß jedesmal das Zerreißen der in der Flüssigkeit gelegenen elektrischen Doppelschicht maßgebend ist (vgl. auch S 213). Hierdurch werden die bisher der Wasserfalltheorie der Gewitter anhaftenden Widersprüche beseitigt. Über die Wasserfallelektrizität liegen auch quantitative Messungen von Nolan[2]) vor, die ergeben, daß die positive Ladung der Tropfen für 1 $cm^3$ Wasser umgekehrt proportional dem Radius des Tropfens ist, und daß die auf der Flächeneinheit des Tropfens sich bildende Ladung $2{,}7 \cdot 10^{-3}$ C. G. S. beträgt.

Simpson[3]) stellt fest, daß trotz der zum Teil widersprechenden Resultate der verschiedenen Beobachter der Regen mehr positive als negative Elektrizität herunterführe (bei Landregen sind 90% positiv geladen), und daß die Ladung für 1 $cm^3$ sowie die Stromdichte bei Gewitterregen viel größer als bei Landregen sei. Auch über die Ladung des Schnees führt er Tatsachen an, die seine Gewittertheorie stützen sollen und sucht Einwände von Elster und Geitel zu entkräften.

Über die Größe der Störungen des normalen Potentialgefälles hat Rudge[4]) Versuche angestellt und gefunden, daß durch Dampf und Staub beträchtliche Änderungen auftreten können. Bei silikathaltigem Staub wird das normalpositive Gefälle verringert und sogar umgekehrt, kalkhaltiger Staub erhöht

das positive Potential. Bei Staubstürmen wurde schon — 10000 V/m beobachtet. Der Einfluß von Wasserdampf ist sogar in der Umgebung von Eisenbahnstrecken zu bemerken.

Über die tägliche Periode der Gewitter stellt Hann[5]) im Anschluß an eine Arbeit von Wolf (Jahrbücher d. meteor. Zentralanstalt Wien 1912) Betrachtungen an und kommt hierbei zu der Ansicht, daß nicht, wie Wolf meint, „Ebene Gebiete die größte Gewittertätigkeit in den ersten Nachmittagsstunden aufweisen, gebirgige vormittags und abends". Er zeigt an Hand des Materials aus bayerischen Stationen, daß es eher umgekehrt ist, denn die absteigenden Bergwinde erzeugen keine Gewitter. Auch E. Alt und Weikmann finden, daß sich die Gebirge verhältnismäßig arm an Frühgewittern zeigen.

G. Schwalbe[6]) hat, da die Häufigkeit von Frühgewittern auffällig war, die Bedingungen ihres Auftretens untersucht und gefunden, daß sie in der Hauptsache als Wirbelgewitter im Sinne von Bezolds anzusehen sind, daß daneben aber auch ein Teil dieser Gewitter ausgesprochenen Wärmecharakter aufweist. Bei den letzteren muß allerdings angenommen werden, daß der überhitzte Zustand der Atmosphäre die ganze Nacht hindurch anhalten kann.

Über die Gewitterhäufigkeit und die Zugrichtung von Gewittern in Nord- und Mitteldeutschland gibt Th. Arendt[7]) wichtige Aufschlüsse. Auf Grund der Aufzeichnungen von etwa 1500 Beobachtungsstationen wurden im königl. preuß. Meteorologischen Institut seit 1887 Gewitterbeobachtungen systematisch zusammengestellt. Es zeigte sich hierbei, daß die Zahl der Gewittertage für ein Jahr in den verschiedenen Gegenden große Unterschiede aufweist. So sind z. B. im westlichen und südöstlichen Teil Preußens Gegenden mit 30 und mehr Gewittertagen vorhanden, während im Norden, besonders an der Ostseeküste, verschiedene Gebiete mit 18 bzw. 10 und weniger Gewittertagen liegen. Wie weit aus diesen Ermittlungen ein Schluß über die Zahl der Blitze gezogen werden kann, steht noch nicht fest. Hierzu bedarf es noch weiterer sorgfältiger Untersuchungen. Die Zugrichtung zeigte ein ausgeprägtes Maximum für die aus Westen kommenden Gewitter und nur im Mai und Juni sind die Zahlen für Gewitter aus Südwesten und aus Westen ungefähr gleich.

In Valparaiso wie in Nord- und Mittelchile sind Gewitter außerordentlich selten. Schaden wurde anscheinend nie angerichtet und, soweit Überlieferungen reichen, wurde niemand durch Blitzschlag getötet. So sind dort auch an öffentlichen und Privatgebäuden Blitzableiter fast unbekannt. Ein am 26. Mai d. J. niedergegangenes, von W. Knoche[8]) beschriebenes Gewitter verlief ganz eigenartig. Es wurden beim Heranziehen derartig starke stille Entladungen an den benachbarten Hängen beobachtet, „daß ein dauerndes Hineinschauen nicht mehr möglich wurde". Die Leuchtzone hatte eine Ausdehnung von etwa 2 km, und es ist besonders interessant, daß auch aus der Leuchtzone selbst eine Reihe Beobachtungen vorliegen. Die Blitze des sehr niedrig ziehenden Gewitters haben außer Störungen im elektrischen Leitungsnetz nirgends Schaden angerichtet.

Über die Entstehung und das Wesen der Kugelblitze bringt K. Wolf[9]) eine Erklärung, die aus Elektronen bestehende Wirbelringe annimmt, welche aus überschüssiger Elektrizität bestehen. Sie sollen ihre Form dadurch erhalten, daß sie an der Blitzbahn entlangfahren, ähnlich wie ein Dampfwirbelring, der aus einem Schornstein ausgestoßen wird. Die plötzliche Zerstörung und die ruhige Auflösung werden erklärt durch schnelles oder allmähliches Eindringen von Luft in das Ringvakuum. Das pfeifende und zischende Geräusch wird verursacht durch Luft, welche durch die Achsenröhre des Wirbelringes hindurchgesaugt wird; dieser Vorgang wird zugleich als ein Grund der Fortbewegung angegeben. Walter[10]) weist darauf hin, daß die längere Haltbarkeit eines derartigen Wirbels mechanisch und elektrisch schwer verständlich sei und führt seine bereits 1909 veröffentlichte Theorie an, nach welcher der Kugelblitz eine stark elektrisch geladene Wasserblase sei.

Über die Einwirkung von Blitzschlägen auf krautartige Pflanzen berichten Jones und Gilbert[11]) und stellen fest, daß eine Beschädigung hauptsächlich

bei Baumwolle und Kartoffel beobachtet wurde, aber auch bei roten Rüben und Tabak vorkommt. Gras, Getreide und Mais scheinen ihr weniger ausgesetzt. Bei Baumwolle und Kartoffel sind die getroffenen Stellen meist im Umkreis von 1 bis 3 Ruten vernichtet, manchmal auch noch benachbarte kleinere Stellen. Die Pflanzen in der Nähe der Mitte welken und sterben ab, am Rande können sich einige Pflanzen noch kürzere Zeit halten. Der Theorie der Verfasser, daß der Blitz nach trockenem Wetter sich horizontal über die Bodenoberfläche ausbreitet, braucht man aber zur Erklärung obiger Erscheinungen kaum zu folgen.

In Amerika sind im letzten Jahre eine größere Anzahl Arbeiten über Blitzschutz erschienen, die zeigen, daß man dort jetzt im wesentlichen auf den Standpunkt der deutschen Leitsätze kommt, wenn auch die vorbeugende Wirkung noch immer stark betont wird. So berechnet z. B. W. Smith[12]) den vorbeugenden Schutz der Blitzableiter aus statistischen Zahlen der Feuerversicherungsgesellschaften zu 90% bzw. in einzelnen Bezirken zu 100%, berücksichtigt dabei aber nicht, daß Schläge in Blitzableiter ohne zerstörende Wirkung, die nicht mitgeteilt sind, die ganze Rechnung hinfällig machen. Die Berechnung zeigt nur, daß tatsächlich durch die Blitzableiter eine außerordentlich starke Herabminderung des Schadens eingetreten ist. Erreicht wurde dies durch eine verhältnismäßig große Anzahl Blitzableiter; es sind etwa 31% der Gebäude mit Blitzableitern versehen. Interessant ist, was dazu über die Einführung der Blitzableiter gesagt wird. „Es gab eine Zeit, da waren die Blitzableiter ein Steckenpferd und das Geschäft des Blitzableiteragenten blühte im Lande und er wurde reich. Später war der Blitzableiteragent mehr gefürchtet als der Blitz und das gilt in einigen Teilen des Landes heute noch.“ In allen Arbeiten ist ersichtlich, daß ebenso wie bei uns der Hauptschaden mit etwa 75% des Gesamtschadens auf ländliche Bezirke entfällt. Daß es sich hierbei um recht beträchtliche Werte handelt, geht aus der Angabe von Smith hervor, daß der Verlust an den durch Blitz beschädigten oder verbrannten Gebäuden etwa $^1/_3$ des gesamten Feuerschadens beträgt. Dieser Anteil am Gesamtschaden erscheint sehr hoch. Bei den deutschen Feuerversicherungs-Gesellschaften ergeben sich für diesen Anteil nur ungefähr 6% des Gesamtschadens; wenn nun Smith der von ihm angeführten Statistik der amerikanischen Feuerversicherungs-Gesellschaften entnimmt, daß $^1/_3$ der gesamten, in den Vereinigten Staaten durch Feuer vernichteten 450 Millionen Dollars auf Blitzschaden entfallen, so ergäbe sich hierfür der Betrag von 600 Millionen M. Diese Zahl steht im Widerspruch mit der Angabe aus einem Bericht von Peters[13]), nach dem der jährliche Blitzschaden 32 Millionen M beträgt. Ebenso unterschiedliche Werte sind in den beiden Arbeiten für die durch einen Schlag verursachten Schäden angegeben und zwar 2200 bzw. 200 Dollars für ein ungeschütztes Gebäude, während übereinstimmend 10 Dollars als Schaden für ein geschütztes Gebäude aufgeführt sind. Unter den technischen Gesichtspunkten, die für die Konstruktion von Blitzableitern maßgebend sein sollen, findet man die Empfehlung von Eisen, Verwendung mehrerer Ableitungen, besonders gute Erdung, Anschluß der Metallteile im und am Hause, jedoch unter besonderen Vorsichtsbedingungen für Gasrohre. Von Larmor[14]) wird besonders darauf hingewiesen, daß mehrere Endigungen bzw. horizontale Drähte einzelnen Stangen vorzuziehen sind. Auch wird gesagt, „Die Wirkung einer Stange wird sich nur auf die nächste Umgebung beschränken“.

Wozu die zum mindesten als ungeklärt zu bezeichnenden Anschauungen der Wünschelrutengänger führen können, zeigt ein Bericht der Pommerschen Landes-Feuersozietät.[15]) Dort wird von einem Fall berichtet, in dem eine Scheune zwei Jahre nacheinander vom Blitz getroffen und trotz Blitzableiter eingeäschert wurde. Der Rutengänger „findet“, daß dort eine Wasserader zwei parallele Adern kreuzt und daß, „da die Blitzgefahr infolge unterirdisch kreuzender Wasseradern nicht voll beseitigt werden kann, so gefährdete Stellen im Falle eines Neubaues zweckmäßigerweise frei bleiben“,

Bei der Berechnung des Erdwiderstandes verschiedener Erdungskörper legt Marchant[16]) eine „äquivalente Länge des Erdungswiderstandes" zugrunde, die sich aus dem spezifischen Widerstand des betreffenden Bodens und der Form der Erdung ergibt. Diese äquivalente Länge soll als Maß für die Wirksamkeit der Erdung dienen und entspricht einer Säule des Bodens mit einem Querschnitt gleich der Oberfläche der Erdung. Howe[17]) zeigt, daß dieses Äquivalent berechnet werden kann, ohne daß man erst, wie Marchant es getan, den spezifischen Widerstand des betreffenden Bodens bestimmt. Er geht hierbei von der Betrachtung aus, daß der Widerstand sich durch die Kapazität ausdrücken läßt und erhält durch diese Umformung direkt die äquivalente Länge.

Über die Größe der Kapazitäten verschieden geformter Körper hat Howe eine Reihe von Formeln in einer besonderen Arbeit gegeben.

[1]) P. Lenard, Heidelberg. Ak. Wiss. 1914. — [2]) J. J. Nolan, Proc. Roy. Soc. Bd 90, S 531. — [3]) G. C. Simpson, Phil. Mag. R 6, Bd 30, S 1. — [4]) W. A. D. Rudge, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 622. — [5]) Hann, Meteorol. Z. 1915, S 73. — [6]) G. Schwalbe, Meteorol. Z. 1915, S 145. — [7]) Th. Arendt, Mitt. öff. Feuervers.-Anst. Jg 47, S 396. — [8]) W. Knoche, Meteorol. Z. 1915, S 481. — [9]) K. Wolf, Prometheus, Jg 26, S 57. — [10]) Walter, Prometheus Jg 26, S 408. — [11]) L. R. Jones u. W. W. Gilbert, Monthly Weather Review 1915, S 135. — [12]) J. Warren Smith, The Ohio Naturalist, Columbus, Bd 15, S 437. — [13]) O. S. Peters, Electr. (Ldn.) Bd 76, S 246. — [14]) J. Larmor, Monthly Weather Rev. 1915, S 135. — [15]) Pommersche Landes-Feuer-Societät, Mitt. öff. Feuervers.-Anst. Bd 47, S 422. — [16]) E. W. Marchant, Electr. (Ldn.) Bd 75, S 882. — [17]) G. W. O. Howe, Electr. (Ldn.) Bd 76, S 353.

# Alphabetisches Namenverzeichnis.

ä, ö, ü und ae, oe, ue mit stummem e gelten in der Ordnung für a, o, u.

# Alphabetisches Sach- und Ortsverzeichnis.

**Die Schwachstromtechnik in Einzeldarstellungen.** Herausgegeben von **J. Baumann** und **L. Rellstab.** Es erschienen folgende Bände:

I. **Der wahlweise Anruf in Telegraphen- und Telephonleitungen und die Entwicklung des Fernsprechwesens.** Von **J. Baumann.** VIII u. 96 S. 8⁰. Mit 25 Abb. Geh. M. **2.50**

II. **Drahtlose Telegraphie und Telephonie.** Von Professor **D. Mazotto.** Deutsch bearbeitet von **J. Baumann.** XXIV u. 368 Seiten. 8⁰. Mit 235 Abb. und einem Vorwort von **R. Ferrini.** Geh. M. **7.50**

III. **Medizinische Anwendungen der Elektrizität.** Von M. U. Dr. **S. Jellinek.** XIX u. 458 Seiten. 8⁰. Mit 149 Textabb. Geh. M. **10.**—; geb, M. **11.**—

IV. **Die chemischen Stromquellen der Elektrizität.** Von Dr. **Curt Grimm.** XII u. 211 Seiten. 8⁰. Mit 109 Abb. Geh. M. **6.**—

V. **Der Schwachstrommonteur.** Ein Handbuch für Anlage und Unterhaltung von Schwachstromanlagen. Von **J. Baumann.** XII u. 251 Seiten. 8⁰. Mit 167 Abb. In Leinw. geb. M. **4.**—

Jeder Band ist einzeln käuflich.

**Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen.** Zeitschrift für das gesamte Anwendungsgebiet elektrischer Triebkraft. Herausgegeben unter Mitwirkung von **G. Wittfeld,** Geh. Oberbaurat, Vortr. Rat im Minist. für öffentl. Arbeiten, Berlin; Professor Dr.-Ing. **W. Reichel,** Direktor der Siemens-Schuckert-Werke; **K. Wilkens,** Direktor der Berliner Elektrizitäts-Werke; Dr.-Ing. h. c. Dr. **R. Ulbricht,** Präsident der Kgl. Generaldirektion der Sächs. Staatseisenbahnen, Dresden; **W. Stahl,** Oberbaurat, Mitglied der Großh. Generaldirektion der Badischen Staatseisenbahnen, Karlsruhe; Dr. **B. Gleichmann,** Ministerialrat im K. B. Staatsministerium für Verkehrsangelegenheiten, München; von **Eugen Eichel,** beratender Ingenieur, Charlottenburg 4. 14. Jahrgang. Jährlich 36 Hefte. Preis für den Jahrgang M. **16.**—

**Taschenbuch für Monteure elektrischer Beleuchtungsanlagen.** Unter Mitwirkung von **Gottlob Lux** und Dr. **C. Michalke** bearbeitet und herausgegeben von **S. Frhr. von Gaisberg,** 51. Aufl. 1916, umgearbeitet und erweitert. XVIII u. 298 Seiten. 8⁰. Mit 213 Abb. Geb. M. **3.**—

**Elektromotorische Antriebe.** Für die Praxis bearbeitet von Obering. **B. Jacobi.** (Oldenbourgs Techn. Handbibl. Bd. XV.) XVIII u. 341 S. 8⁰. Mit 172 Abb. In Leinw. geb. **M. 8.**—

**Die Veranschlagung elektrischer Licht- und Kraftanlagen unter Benutzung vorgedruckter Formulare.** Für die Praxis erläutert von **B. Jacobi,** Oberingenieur. VI u. 207 Seiten. gr. 8⁰. In Leinw. geb. M. 7.—

Jedes der in vorstehenden Werken enthaltenen **Kostenanschlagformulare** ist **für den praktischen Gebrauch** auch in Partien à 50 Stück erhältlich. Preis für die Partie M. **2.50**

**Freileitungsbau—Ortsnetzbau.** Ein Leitfaden für Montage- und Projektierungs-Ingenieure, Betriebsleiter und Verwaltungsbeamte von **F. Kapper,** Oberingenieur. VIII u. 370 Seiten. 8⁰. Mit 351 Abb. u. 2 Tafeln. In Leinwand geb. **M. 13.**—

*(Vergriffen.)*

**Die Krankheiten des stationären elektrischen Blei-Akkumulators, ihre** Entstehung, Feststellung, Beseitigung und Verhütung. Für Batteriebesitzer, Betriebsleiter, Maschinenmeister und Installateure. Von **F. E. Kretzschmar.** VII u. 162 Seiten. 8⁰. Mit 83 Abb. In Leinwand geb. M. **6.**—

**Beiträge zur Theorie der Kabel.** Untersuchungen über die Kapazitätsverhältnisse der verseilten und konzentrischen Mehrfachkabel. Von Dr.-Ing. **Leon Lichtenstein.** VI u. 34 Seiten. gr. 4⁰. Mit 39 Abb. Geh. M. **3.**—

**Zur Theorie der Abschmelzsicherungen.** Von Dr.-Ing. **Georg J. Meyer.** IV u. 103 Seiten. gr. 8⁰. Mit 26 Abb. Geh. M. **3.**—

**Handbuch der praktischen Elektrometallurgie.** (Die Gewinnung der Metalle mit Hilfe des elektrischen Stroms.) Von Dr. **A. Neuburger,** Herausgeber der Elektrochemischen Zeitschrift. (Oldenbourgs Techn. Handbibliothek Bd. IX.) XX u. 466 Seiten. 8⁰. Mit 119 Abb. In Leinw. geb. M. **14.**—

**Moderne Gesichtspunkte für den Entwurf elektrischer Maschinen und** Apparate. Von Dr. **F. Niethammer,** Professor an der Technischen Hochschule zu Brünn. IV u. 192 Seiten. gr. 8⁰. Mit 237 Abb. In Leinw. geb. **M. 8.**—




Digitized by Google

